

Научно-технический журнал
МИР НЕФТЕПРОДУКТОВ.
Вестник нефтяных компаний

Информационная поддержка
ОАО «Всероссийский научно-исследовательский институт
по переработке нефти» (ОАО «ВНИИ НП»)

Журнал зарегистрирован в Комитете по печати
Российской Федерации
Свидетельство о регистрации № 018580 от 05.03.99

УЧРЕДИТЕЛИ:

Издательский Центр «ТЕХИНФОРМ» МАИ
Свидетельство о регистрации № 488.685
от 07 октября 1996 г. Московской Регистрационной Палаты

Международная Академия Информатизации
Зарегистрирована Министерством юстиции РФ,
регистрационный номер 3172

6#2009
СОДЕРЖАНИЕ

В ПОЛЕ ЗРЕНИЯ

Митусова Т.Н.

Альтернативные дизельные топлива. Сегодня и завтра _____ **3**

РЫНОК ПРОДУКТОВ и ТЕХНОЛОГИЙ

Гетингер А.Я., Митин И.В., Скобельцин А.С.

**Разработка и производство современных промышленных
и гидравлических масел** _____ **6**

Цветков О.Н., Ефимов Б.А.

**Новое масло для цепных передач, используемых
в пищевой промышленности** _____ **12**

Бахтин Б.И., Десятов А.В., Корба О.И., Кубышкин А.П., Скороходов А.С.

**Низкотемпературный крекинг углеводородов
в кавитационных ультразвуковых полях** _____ **14**

Мельников В.Г.

Реологические уравнения состояния пластичных смазок _____ **20**

ЭКОСТРАНИЦА

*Мурыгина В.П., Гладченко М.А., Калужный С.В., Мисатюк Е.В.,
Кузнецов О.П., Мисатюк А.С., Васу Аппанна*

Старение нефти в процессе ее хранения (продолжение) _____ **26**

ОБОРУДОВАНИЕ и ПРИБОРЫ

Зотов Д.В., Масленникова Л.В.

**Роль резервуарных парков в стратегии развития морских
терминалов нефтепродуктов** _____ **32**

ВМЕСТЕ УЧИМСЯ

Глаголева О.Ф.

Кокс нефтяной. Лекция 4. Прокаливание нефтяного кокса _____ **38**

МЫ ВХОДИМ в ИНТЕРНЕТ _____ **44**

КОНФЕРЕНЦИИ. СЕМИНАРЫ. ВЫСТАВКИ

**Меморандум об итогах II Международного промышленно-
экономического форума «Стратегия объединения»
(21–22 мая 2009 г.)** _____ **46**

**Ежегодная конференция «Топливо и экология-2009»
(19–20 мая 2009 г.)** _____ **48**

Scientific and technical magazine
WORLD OF OIL PRODUCTS
The Oil Companies' Bulletin

Information support
The All-Russian Research Institute
for Oil Refining (VNII NP)

The magazine is registered at the Press State Committee
of Russian Federation.
Registration Certificate 018580

FOUNDERS:

The TEHINFORM Publishing Centre
License LR 064985

International Academy of Information
Registered by the Ministry of Justice of the Russian Federation,
registration number 3172

6#2009
CONTENTS

IIN SIGHT

Mitusova T.N.

Alternate diesel fuel. Today and tomorrow _____ **3**

PRODUCTS and TECHNIQUES

Getinger A.Ya., Mitin I.V., Skobel'tsin A.S.

**Design and manufacture of modern industrial
and hydraulic oils** _____ **6**

Tsvetkov O.N., Efimov B.A.

New oil for chain gears used in food industry _____ **12**

Bakhtin B.I., Desyatov A.V., Korba O.I., Kubyshkin A.P., Skorokhodov A.S.

**Low-temperature cracking of hydrocarbons in cavitation
ultrasonic fields** _____ **14**

Mel'nikov V.G.

Rheology condition equations for greases _____ **20**

ECOLOGY

*Murygina V.P., Gladchenko M.A., Kalyuzhnyy S.V., Misatyuk E.V.,
Kuznetsov O.P., Misatyuk A.S., Vasu Appanna*

Ageing of oil at storage (continuation) _____ **26**

EQUIPMENT and DEVICES

Zotov D.V., Maslennikova L.V.

**Storage plants within development strategy of sea oil
product terminals** _____ **32**

STUDYING TOGETHER

Glagoleva O.F.

Petroleum Coke. Lecture 3. Coke calcination _____ **38**

NEWS FROM THE WEB _____ **44**

CONFERENCES. SEMINARS. EXHIBITIONS

**Memorandum covering summaries of the 2nd International
industrial-economic forum by the name Strategy
of Consolidation (May 21–22, 2009)** _____ **46**

**Fuel and Ecology 2009. Annual conference
(May 19–20, 2009)** _____ **48**

Научно-технический журнал МИР НЕФТЕПРОДУКТОВ. Вестник нефтяных компаний

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Председатель Совета

Галиев Р.Г. – генеральный директор ОАО «ВНИИ НП», академик МАХ, действительный член РАЕН, проф., д.т.н.

Члены Совета

Булатников В.В. – главный технолог ОАО «ВНИИ НП», председатель Технического комитета по нефтепродуктам в рамках ISO, ведущий специалист отрасли по стандартизации и сертификации нефтепродуктов, к.т.н.

Глаголева О.Ф. – профессор кафедры «Технология переработки нефти» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, д.т.н.

Гришин Н.Н. – главный научный сотрудник 25 ГосНИИ МО РФ, заслуженный деятель науки, проф., д.т.н.

Данилов А.М. – заместитель генерального директора ОАО «ВНИИ НП», ведущий специалист нефтеперерабатывающей отрасли по присадкам к топливам, д.т.н.

Жарков Б.Б. – первый заместитель генерального директора ОАО «ВНИИНефтехим», к.х.н.

Капустин В.М. – генеральный директор ОАО «ВНИПИнефть», заведующий кафедрой «Технология переработки нефти» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, проф., д.т.н.

Кастерин В.Н. – НК «РуссНефть», вице-президент по переработке нефти, к.т.н.

Мовсумзаде Э.М. – советник генерального директора ОАО «Сибур-Тюмень-Газ», проф., д.х.н.

Теляшев Э.Г. – генеральный директор ГУП «Институт нефтехимпереработки РБ», заслуженный деятель науки РБ, почетный нефтехимик, проф., д.т.н.

Хавкин В.А. – заместитель генерального директора ОАО «ВНИИ НП», действительный член РАЕН, ведущий специалист нефтеперерабатывающей отрасли по технологии переработки нефти и процессов получения моторных топлив, проф., д.т.н.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор

Школьников В.М. – советник генерального директора ОАО «ВНИИ НП», к.т.н.

Зам. главного редактора

Корох Н.И. – ОАО «ВНИИ НП», заведующая отделом международного сотрудничества, к.х.н.

Члены коллегии

Борщевский С.Б. – ОАО «ВНИИ НП», заведующий лабораторией присадок к смазочным маслам, к.т.н.

Бойченко С.В. – директор УкрНИУЦ химмотологии и сертификации ГСМ и ТЖ, заведующий кафедрой химмотологии НАУ, проф., д.т.н.

Емельянов В.Е. – ОАО «ВНИИ НП», заведующий отделом разработки и испытаний автомобильных и авиационных бензинов, д.т.н.

Липкин Г.И. – ОАО «ВНИИ НП», ведущий переводчик

Митусова Т.Н. – ОАО «ВНИИ НП», заведующая отделом разработки и испытаний дизельных, судовых и котельных топлив, проф., д.т.н.

Резников В.Д. – ведущий специалист в области моторных масел, к.т.н.

Сыркин А.М. – УГНТУ, заведующий кафедрой «Общая и аналитическая химия», проф., к.х.н.

Хуторянский Ф.М. – ОАО «ВНИИ НП», заведующий лабораторией разработки технологий подготовки нефтей к переработке, д.т.н.

ИЗДАТЕЛЬ

© «Издательский центр «ТЕХИНФОРМ» МАИ»
Лицензия ЛР № 064985 от 5 февраля 1997 г.

Директор – Орлова Н.В.

Главный редактор – Якунина И.Н.

Шеф-редактор – Брусникина Ю.А., химик-технолог

Нач. аналитического отдела – Щедрина Л.А.

Выпускающий редактор – Кузнецова Л.П.

Периодичность выпуска журнала 10 номеров в год

Подписные индексы

Каталоги агентства «Роспечать»:

«Газеты. Журналы» – **79777**

и «Издания органов НТИ» – **67000**

Объединенный каталог «Пресса России» – **44866**

Контакты:

Весь редакционный материал, корреспонденцию и рекламные материалы направляйте по адресу:

111116, Россия, Москва,

ул. Авиамоторная, дом 6, оф. 125

Тел.: (495)-361-28-41, (495)-361-34-91

E-mail: neftemir@rambler.ru

Отдел реализации:

Тел./факс (495)-361-08-41

E-mail: tehinform_buh1@rambler.ru

WWW.NEFTEMIR.RU

МАТЕРИАЛЫ, ПОСТУПИВШИЕ В РЕДАКЦИЮ, ПОДЛЕЖАТ ОБЯЗАТЕЛЬНОМУ РЕЦЕНЗИРОВАНИЮ

При перепечатке разрешение редакции и ссылка на журнал обязательны

Отпечатано в ЗАО «ТДДС Столица-8». Заказ № 444. Заявленный тираж 1000 экз.



Т.Н. МИТУСОВА, д-р техн. наук (ОАО «ВНИИ НП»)

E-mail: mitusova@vniinp-topliva.ru

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ДИЗЕЛЬНЫЕ ТОПЛИВА. СЕГОДНЯ И ЗАВТРА

Ключевые слова: возобновляемые источники, рапс-метиловый эфир, биодизельное топливо, цетановое число, диметиловый эфир, смазывающая способность.

Идея использования возобновляемых источников энергии во всем мире становится все более популярной. К альтернативным видам относят биодизельные топлива, природный и сжиженный нефтяной газ, диметиловый эфир, а на перспективу – водород. Мировым лидером по производству и потреблению биодизельного топлива является Евросоюз. На долю Германии приходится более половины всего выпускаемого биодизельного топлива, сырьем для производства которого служит растительное масло (рапсовое, соевое), а также отходы производства животных жиров.

Активное внедрение биодизельного топлива на потребительском рынке привело к необходимости введения нормативных документов на этот вид топлива. В Европе – стандарт EN 14214, в США – ASTM 6751. Наряду с показателями качества, характерными для дизельного топлива, регламентируются такие показатели, как кислотное число, содержание метанола, моно-, ди- и три-глицеридов, свободного и общего глицерина, натрия, калия, фосфора, метилового эфира линоленовой кислоты, полиненасыщенных метиловых эфиров, т.е. показатели, которые не определяются для дизельных топлив нефтяного происхождения (табл. 1).

Нормирование перечисленных показателей качества не случайно. Так, кислотное число характеризует содержание свободных жирных кислот в топливе. Высокие уровни

содержания фосфора повреждают каталитические нейтрализаторы. Свободный глицерин образует отложения на форсунках, что приводит к их закоксовыванию, а также он может накапливаться на дне резервуаров и топливных баков. Непрореагировавшие глицериды негативно влияют на низкотемпературные свойства топлива и увеличивают отложения на форсунках.

Таким образом, биодизельное топливо имеет ряд недостатков. Использование топлива с содержанием эфиров растительных масел может вызвать потерю мощности двигателя и ухудшение его работы, протечку топлива через уплотнители, коррозию топливной аппаратуры и засорение фильтров, образование нагара и схватывание колец, образование осадка в топливе; при этом в два раза чаще необходимо менять моторное масло.

Нормы, предусмотренные стандартом EN 14214, разработаны на основании исследований, проведенных компаниями-производителями автомобилей – Mercedes Benz, Toyota, Honda, Mitsubishi и Porsche.

Рапс-метиловый эфир

Наиболее распространенным биодизельным топливом является рапс-метиловый эфир (РМЭ), который характеризуется высоким цетановым числом и высокой температурой вспышки. Это повышает его пожаробезопасность. По сравнению с нефтяными дизельными топливами РМЭ имеет лучшую смазывающую способность (табл. 2).

Рапс-метиловый эфир отличается низкой теплотой сгорания – 37500 кДж/кг (дизельное топливо – 42000 – 43000 кДж/кг), что может привести к снижению мощности двигателя.

В ОАО «ВНИИ НП» исследовалось влияние эфиров рапсового масла на основные физико-химические характеристики дизельных топлив. В результате было установлено, что внесение более 5% РМЭ приводит к заметному повышению средней температуры кипения топлива (50%-ной точки перегонки), увеличению его плотности, вязкости, кислотности и коксумости (табл.3).

1. Требования к качеству метиловых эфиров жирных кислот

Показатель	EN 14214
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,5
Содержание эфиров, %, не менее	96,5
Содержание, %, не более:	
метилового эфира линоленовой кислоты	12,0
полиненасыщенных метиловых эфиров	1,0
метанола	0,2
моноглицеридов	0,8
диглицеридов	0,2
триглицеридов	0,2
свободного глицерина	0,02
Общее содержание глицерина, %, не более	0,25
Содержание металлов, мг/кг, не более:	
Na+K	5,0
Ca+Mg	5,0
Содержание фосфора, мг/кг, не более	10,0

2. Рапс-метиловый эфир и дизельное топливо

Показатель	РМЭ	Дизельное топливо	Норма	
			ГОСТ Р 52368	ГОСТ 305
Цетановое число, ед.	54–58	46–48	Не менее 51	Не менее 45
Температура вспышки, °C	> 100	40–62	Не ниже 55	Не ниже 40 и 62
Смазывающая способность, мкм	~ 230	> 530	Не более 460	Не нормир.

3. Влияние эфира рапсового масла на основные физико-химические свойства дизельного топлива

Показатель	Содержание РМЭ, %				Норма по ГОСТ 305
	0	5	20	30	
50% перегоняется при t°C	251	258	275	290	Не выше 280
Плотность при 20°C, кг/м³	821	823	832	836	Не более 860
Вязкость кинематическая, мм²/с	3,6	3,9	4,1	4,3	Не более 6,0
Кислотность, мг КОН/100 см³	Отсут.	0,8	3,0	4,6	Не более 5,0
Коксуемость 10%-ного остатка, %	0,008	0,033	0,17	0,29	Не более 0,3

Разработчики дизельной техники (Ярославский моторный завод, Ярославский завод топливной аппаратуры, КАМАЗ, Минский моторный завод, группа заводов компании ГАЗ) испытаний на полный моторесурс не проводили. До настоящего времени использование дизельного топлива с РМЭ не внесено в карты технического уровня. Это значит, что при эксплуатации техники на дизельном топливе с РМЭ в период гарантийного срока предприятие-изготовитель имеет право снять гарантию. Разрешение на использование

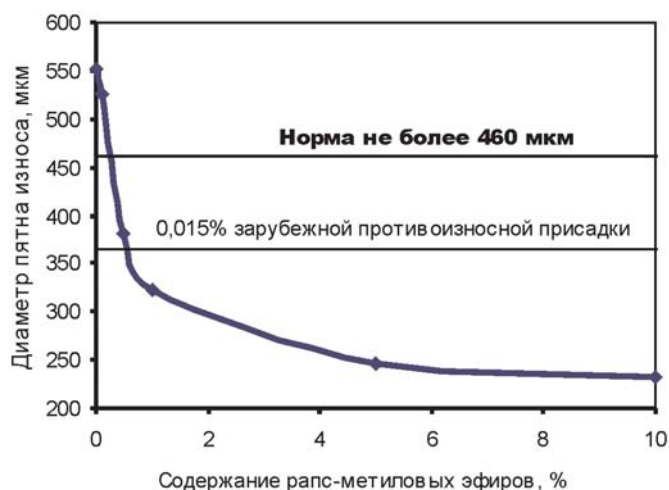
рапс-метиловых эфиров имеет лишь Коломенский теплово-зостроительный завод, поставляющий технику в Германию.

Учитывая положительное влияние РМЭ на смазывающую способность низкосернистых дизельных топлив, была исследована возможность использования их в качестве противоизносной присадки взамен присадок аналогичного типа, закупаемых по импорту (см. рисунок).

Из полученных данных видно, что для достижения требований стандарта по смазывающей способности на 1 т топлива потребуется добавить 0,015% (150 г) зарубежной противоизносной присадки или 0,5% (5 кг) РМЭ. Для заинтересованности нефтеперерабатывающих заводов в закупке рапс-метиловых эфиров как противоизносной присадки к дизельному топливу необходимо, чтобы их стоимость была в 33 раза ниже стоимости присадки.

Развитие производства биодизельного топлива должно быть экономически целесообразным. Как отмечают западные эксперты, доходность производства биодизельного топлива низкая, следовательно, срок окупаемости инвестиций более пяти лет.

Стоимость РМЭ выше, чем стоимость дизельного топлива, поэтому в странах, применяющих биодизельные топлива, реализованы государственные программы поддержки и стимулирования производителей дизельного топлива и сельскохозяйственных предприятий, выращивающих рапс. В России отсутствует законодательная база на использование биодизельных топлив, и до установления акцизов и льгот альтернативные виды топлива вряд ли займут свое место в энергетике страны.



Влияние РМЭ на смазывающую способность дизельного топлива

4. Основные показатели качества диметилового эфира

Показатель	Дизельное топливо	ДМЭ
Содержание серы, ppm	10–2000	Менее 5
Содержание ароматических углеводородов, %	20–30	Отсутствие
Температура кипения, °C	160–360	–24,8
Плотность при 150°C, кг/м³	820–860	0,661
Цетановое число	45–52	55–60
Теплота сгорания, кДж/кг	42000–43000	24800

Диметиловый эфир

С экологической точки зрения использование диметилового эфира (ДМЭ) является заманчивым, так как (в сравнении с дизельным топливом из нефтяного сырья) его отличает низкое содержание серы – менее 5 ppm, отсутствие ароматических углеводородов, высокое цетановое число (55–60 ед.) и низкая температура застывания. Вместе с тем ДМЭ это газ, требующий решения многих проблем, связанных с хранением его на АЗС и на борту автомобиля, а также с системой подачи в камеру сгорания.

Существенным недостатком ДМЭ является низкая теплота сгорания – 24800 кДж/кг, что приведет к увеличению его расхода в 1,5–1,6 раза (табл. 4).

Применение ДМЭ в автотранспорте равнозначно применению сжиженного газа и требует также создания соответствующей инфраструктуры и дооборудования двигателей. Более прогрессивный путь использования диметилового эфира это дальнейшая переработка его в высокооктановые добавки – алкилаты.

Mitusova T.N.

ALTERNATE diesel fuel. Today and tomorrow

Keywords: rapeseed-methyl ether, biodiesel fuel, cetane number, dimethyl ether, lubricity.

Use of renewed energy sources grows gradually all over the world. Alternative kinds of fuels are biodiesel fuel, natural and liquified petroleum gas, dimethyl ether, and hydrogen in prospects. The world leader in manufacture and consumption of biodiesel fuel is the EU. As raw materials for biodiesel fuel manufacture serves vegetable oil (rapeseed, soya), as also animal fat production wastes.

9-я МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ТРИБОЛОГИЯ И НАДЁЖНОСТЬ»

8–10 октября 2009 г.

9th International conference «Tribology & Reliability»

Тематика конференции

- Теоретико-прикладные аспекты трибологии и надёжности механических систем (транспорт, бытовая и специальная техника, инструмент, оборудование), моделирование.
- Прогрессивные технологии изготовления и ремонта ответственных пар трения.
- Методики испытаний, средства анализа и контроля трибосопряжений и их составных частей, обеспечивающих гарантийные сроки эксплуатации механических систем.
- Масла, смазки, присадки, уплотнения для подвижных сопряжений.
- Интенсификация и качество преподавания трибологических дисциплин; энциклопедия по трибологии.
- Ноу-хау, включая предложения по заключению контрактов.

С учетом подаваемых заявок на участие в конференции тематика по направлениям работ может быть расширена или частично скорректирована.

Оргкомитет конференции:
190031 г.Санкт-Петербург, Московский пр., д. 9
Университет путей сообщения
Тел/факс 7(812)315-41-08
E-mail: forstar@mail.ru; ktmrs@pgups.edu
<http://tribotehnika.nm.ru/conf.html>

УДК 665.637.6:621.9.079

А.Я. ГЕТИНГЕР, канд. техн. наук, И.В. МИТИН, канд. техн. наук, А.С. СКОБЕЛЬЦИН (ООО «ТНК смазочные материалы»)
E-mail: ivmitin@tnk-bp.com

Разработка и производство современных индустриальных и гидравлических масел

Ключевые слова: фильтруемость, мицеллообразование, содержания смол, динамическая вязкость, класс чистоты, полициклические ароматические углеводороды.

Выпускаемые отечественные индустриальные масла ИГП не отвечают требованиям европейского стандарта DIN 51524. Их основными недостатками являются невысокие функциональные свойства и низкая фильтруемость. Последнее объясняется плохой совместимостью присадок и большим содержанием смол и полициклических ароматических углеводородов в базовых маслах. Применение высокоочищенных базовых масел с уменьшенным содержанием смол и полициклических ароматических углеводородов, а также использование импортных пакетов присадок позволяет создать индустриальные и гидравлические масла, отвечающие требованиям европейского стандарта.

Бурное развитие автомобилестроения и машиностроения в СССР в 70-х годах вызвало необходимость создания качественных легированных индустриальных масел, так как базовые масла без присадок уже не могли удовлетворять сложившимся условиям эксплуатации. При активном участии СвНИИ НП был создан широкий ассортимент масел, который на тот момент удовлетворил возросшие потребности машиностроения, среди них – известная серия масел ИГП. Применение легированных масел позволило повысить надежность работы оборудования, увеличить сроки службы масла и оборудования, повысить производительность.

С конца 90-х годов общее машиностроение, металлургическая, автомобильная промышленность в России стали широко оснащаться робототехникой, прецизионной гидравликой импортного производства, для которых требовались масла, удовлетворяющие современным жестким требованиям стандарта DIN 51524 [1]. Попытки использования масел серии ИГП в гидравлических системах автосборочного технологического оборудования, оснащенных прецизионной гидравликой, заканчивались неудачно. После 2–3 суток работы автосборочные линии отключались из-за забивки фильтров.

Проблема фильтруемости масел и в настоящее время остается острой и актуальной. Среди производителей и потребителей индустриальных масел бытует мнение о том, что если масло тщательным образом профильтровать несколько раз, то его фильтруемость улучшается. Это ошибочное мнение. Фильтрация – механический процесс, при котором из масла удаляются механические частицы, их количество в самом масле оценивается классами чистоты. Фильтруемость – показатель, на который влияет процесс мицеллообразования, состав масел и присадок. Для того чтобы понять, почему процесс фильтрации мало сказывается на фильтруемости, необходимо рассмотреть процесс фильтрации и физическую сущность фильтруемости более подробно.

Масло с точки зрения коллоидной химии

Масло с точки зрения коллоидной химии не является молекулярным раствором, это ассоциированно-мицеллярный раствор [2]. Кроме парафино-нафтенных и ароматических углеводородов этот раствор содержит различные поверхностно-активные вещества (ПАВ) – функциональные присадки и смолы в виде мицелл. Взаимодействие мицелл с полярными углеводородами, между собой и особенно с продуктами окисления, образующимися в процессе работы масла, приводит к увеличению их размеров и ухудшению фильтруемости. Необходимо понимать, что сам процесс мицеллообразования – это процесс межмолекулярного взаимодействия. Следовательно, на фильтруемость в первую очередь будут влиять те процессы межмолекулярного взаимодействия, которые приводят к росту размеров мицелл, к образованию мицелл-агломератов. В одном случае это может быть коллоидно-химическое взаимодействие присадок между собой, которые находятся в базовом масле (такие взаимодействия нежелательны, в этом случае можно говорить о несовместимости присадок [2, 5]). В другом случае рост мицелл связан с наличием в растворе большого количества смол. Многие исследователи называют смолы природными ПАВ [3]. Смолы и полициклические ароматические углеводороды являются центрами образования мицелл в маслах, соответственно качество самого базового масла значительно влияет на процесс мицеллообразования [4, 5].

На практике в работающих агрегатах в масле одновременно действуют два процесса: рост размеров мицелл происходит из-за присутствия смол и полициклических ароматических углеводородов в базовом компоненте масла, а также за счет взаимодействия присадок между собой и с продуктами окисления углеводородов. В этом случае могут образовываться смешанные мицелл-агломераты, их мицеллярный размер начинает превосходить размер мицелл присадок, и происходит закупорка пор фильтрующего материала. На АВТОВАЗе при внедрении в производство технологи-

ческого оборудования, оснащенного прецизионной гидравликой (сервогидравлическими усилителями и системами пропорционального регулирования) и фильтрующими элементами с тонкостью фильтрации 5–10 мкм, фильтры забивались через двое суток работы на маслах серии ИГП.

Методы определения фильтруемости масел

Одним из факторов, сдерживающих разработку современных промышленных масел, являлось отсутствие в России стандартных требований по фильтруемости. За рубежом для оценки фильтруемости промышленных и гидравлических масел используют в основном два метода: Денисона (США) и АФНОР (Французская ассоциация стандартизации).

Метод Денисона (внедрен в 1977 г.) **устанавливает нормы фильтруемости в секундах** [6].

Метод АФНОР (внедрен в 1990 г.) **определяет коэффициент фильтруемости**. В настоящее время в Европе используется главным образом метод АФНОР [7].

Кроме этих стандартов с 2002 г. в Европе начал действовать стандарт ISO 13357-1:2002 [8].

Аппарат Денисона представляет собой простую конструкцию. В колбе создается вакуум при давлении 0,86 кгс/см². Через мембранный фильтр с порами размером 1,2 мкм пропускается определенное количество масла и фиксируется время его прохождения (табл. 1).

Основными недостатками метода Денисона является влияние на фильтруемость температуры испытываемого масла и температуры в помещении, в котором проводится эта оценка.

Метод АФНОР этих недостатков не имеет. В нем после фильтра устанавливается нормированное давление, а не вакуум, как в методе Денисона. Используется фильтр с порами размером 0,8 мкм. Коэффициент фильтруемости промышленных и гидравлических масел определяется по формуле

$$If_e = (T_{300} - T_{200}) / [2(T_{100} - T_{50})],$$

где T_{300} , T_{200} , T_{100} и T_{50} – продолжительность прохождения через фильтр масла объемом 300, 200, 100 и 50 см³ соответственно.

Для масла без воды стандарт АФНОР устанавливает норму коэффициента фильтруемости не выше 1,5, для импортных масел – 1,1–1,3.

Необходимо отметить, что при оценке коэффициента фильтруемости важным является применение фильтров с микропорами размером 0,8 мкм. При большем размере микропор или при использовании российской фильтровальной бумаги, результаты искажаются и не соответствуют принятым нормам (различие между маслами трудно определить, коэффициент фильтруемости у всех масел одинаковый и близок к единице).

В последующие годы Международная организация стандартизации ISO усовершенствовала метод АФНОР: было введено термостатирование для проб масла и нормирована

1. Нормы фильтруемости масел по методу Денисона (стандарт США АТР-02100-А)

Кинематическая вязкость масла при 40°C, мм ² /с	Время фильтруемости 75 см ³ масла через фильтр с порами размером 1,2 мкм, с	
	без воды	с добавлением 2% воды
32	133	209
46	217	325
68	300	450

температура самого помещения, в котором выполняется анализ. При этом фильтруемость без воды определяется по ISO 13357-1, а с водой – по ISO 13357-2. По этим методам фильтруемость рассчитывается и определяется как безразмерное число, которое является соотношением между объемами (этап № 1) или скоростями (этап № 2) потока (последние выражаются в процентах) за установленные интервалы времени в процедуре испытания. Масла, имеющие хорошую фильтруемость на этапе № 1, но плохую на этапе № 2, создают проблемы при эксплуатации, если только не используют фильтры с порами размером менее 5 мкм [8].

Влияние углеводородного состава масел на фильтруемость

На многих российских автомобильных заводах и металлургических комбинатах в настоящее время используется метод оценки фильтруемости по Денисону, поэтому именно он был выбран в качестве основного при проведении исследований и при разработке технических условий на гидравлические масла в ООО «ТНК смазочные материалы».

Влияние на фильтруемость масел содержания смол.

Чтобы определить влияние углеводородного состава на фильтруемость была приготовлена серия образцов масел ТНК Гидравлик HLP 32 с функциональным пакетом присадок компании Afton, но на разных базовых основах. Масла имели одинаковую кинематическую вязкость при 40°C в пределах требований для класса вязкости ISO 32 (28,8–35,2 мм²/с). В качестве основы использовали базовые масла заводов России, Белоруссии и Украины, перерабатывающих различную нефть и имеющих различную технологию производства. Соответственно, полученные масла имели разный углеводородный состав. Кроме этого были испытаны семь образцов на базовых основах Рязанского НПЗ различных сроков изготовления (от 1 до 9 лет) и двух способов гидроочистки (соответственно, они имели разный углеводородный состав). Углеводородный состав опытных образцов определяли по ГОСТ 11244–76. В соответствии с этим стандартом к группе смолистых соединений (ароматические углеводороды четвертой группы и смола) относятся фракции, для которых из-за темного цвета невозможно оценить показатель преломления. Известно, что содержание смолы влияет на динамическую вязкость масла, поэтому кроме фильтруемости определяли динамическую вязкость на приборе CCS при –20°C по ASTM D 5923.

Содержание смол в масле колебалось от 0,5 до 4,9%. Время фильтруемости масла без воды варьировалось от 71 до 116 с. Зависимость фильтруемости масла с водой (2%) от содержания смол имеет несколько другой характер. При содержании смол свыше 4% фильтруемость резко возрастает и не соответствует требованиям стандарта, а при содержании около 3% – находится на границе верхнего предела (рис. 1).

Чтобы установить более четкую зависимость фильтруемости от содержания смол, а также определить допустимое количество смол в промышленных маслах, были выполнены дополнительные исследования на масле И-20 производства Рязанского НПЗ, прошедшем двойную гидроочистку (улучшенное) с содержанием смол 0,62%. Кроме того, в лабораторных условиях его дополнительно очищали от смол. Затем было приготовлено три образца масла ТНК Гидравлик HLP 32, которые имели разное содержание смол – от 0,62 до 0,32%.

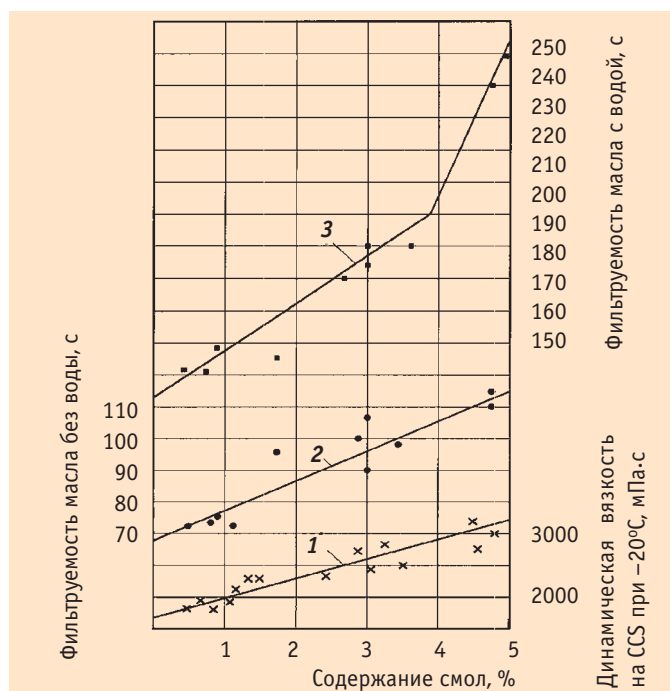


Рис. 1. Зависимость динамической вязкости масла на CCS при -20°С (1) и фильтруемости масла без воды (2) и с содержанием воды 2% (3)

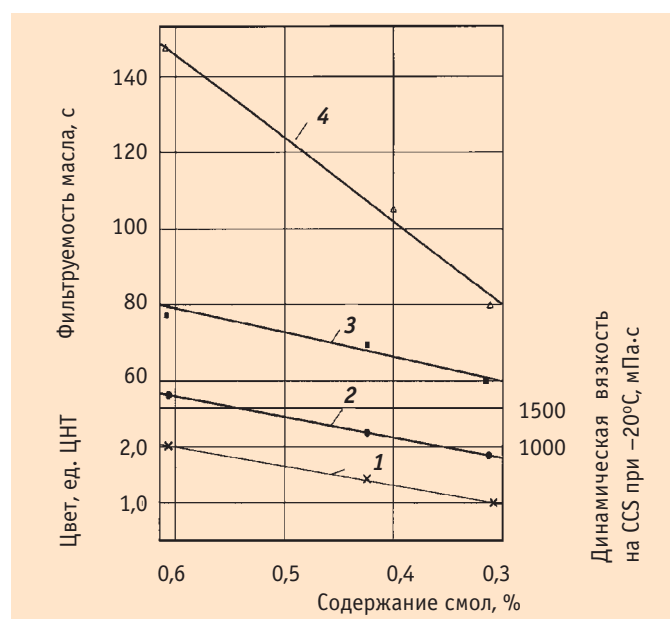


Рис. 2. Зависимость цвета (1), динамической вязкости масла на CCS при -20°С (2), фильтруемости масла без воды (3) и с содержанием воды 2% (4) от содержания смол

В результате установлено, что при снижении содержания смол резко улучшается фильтруемость масел, особенно с водой. При снижении содержания смол от 0,62 до 0,32 % время фильтруемости масла с водой уменьшается от 154 до 82 с, а масла без воды — от 78 до 61 с. Причем динамика снижения фильтруемости масла с водой значительно выше, чем масла без воды. Динамическая вязкость при -20°С на приборе CCS снижается от 1950 до 910 мПа·с, цвет улучшается от 2 до 1 ед. ЦНТ (рис. 2).

Качество опытных образцов с содержанием смол 0,44 и 0,32% было выше, чем у западных аналогов. Фильтруемость

товарных образцов масел ведущих западных фирм имеет, как правило, большие значения, чем у опытного образца с содержанием смол 0,32%. Западные товарные образцы характеризуются фильтруемостью 65–75 с без воды и 115–135 с с водой, опытный имел фильтруемость без воды 58 с, с водой 82 с. Таким образом, **при удовлетворительной совместимости присадок можно использовать масла с содержанием смол и ароматических углеводородов четвертой группы не более 0,7%.** В этом случае уровень качества отечественных масел не уступает уровню свойств гидравлических масел большинства европейских производителей.

Влияние на фильтруемость масел взаимодействия присадок между собой. Это влияние мало изучено и практически не отражено в литературе. Но достаточно широко представлены механизмы образования мицелл в зависимости от типа присадок. Большинство присадок являются поверхностно-активными веществами. Они могут связываться с компонентами масел (смолами, нефтенowymi и ароматическими углеводородами) и создавать устойчивые к механическому воздействию и разнообразные по строению ассоциаты. Этот механизм образования мицелл получил название коллоидно-химический и изучался прежде всего для улучшения действия моющих присадок в маслах [5, 9]. Мы не ставили задачу изучения механизма этого взаимодействия, но в качестве примера приводим фактические данные испытаний. Были приготовлены четыре образца масел ТНК Гидравлик HLP 32 с различными композициями присадок и на разных базовых компонентах. В качестве последних были использованы два типа масла И-20 (производства Рязанского и Полоцкого НПЗ) приблизительно одинакового группового состава. В одном случае использовали композицию присадок, характерную для масел серии ИГП, в другом — пакет Afton. В результате испытаний установлено, что масло с пакетом Afton имеет хорошие данные по фильтруемости, а масла с композициями присадок не удовлетворяют нормам метода Денисона. Фильтруемость опытных образцов составила 238 и 260 с при норме не более 209 с (табл. 2). Следовательно, **композиция отдельных присадок масел является несовместимой с точки зрения фильтруемости масел, пакет Afton — совместим.**

Эти данные свидетельствуют о том, что **при разработке гидравлических масел необходимо отдавать предпочтение тем пакетам присадок, которые при эксплуатации подтвердили совместимость и масла с ними имели фильтруемость, отвечающую европейским стандартам.** В этом случае коллоидно-химические взаимодействия присадок между собой сводятся к минимуму, что значительно улучшает процесс фильтруемости.

Влияние на фильтруемость масел содержания механических примесей. После проверки фильтруемости и всех основных физико-химических показателей масло подвергается обычному фильтрованию с оценкой классов чистоты по ГОСТ 17216. В соответствии с этим стандартом чистота масла зависит от количества механических частиц в 100 см³ объема. Количество и размер частиц загрязнений в масле измеряли прибором ПЖ-904А [10].

Рассмотрим процесс фильтрования масла ТНК Гидравлик HLP 32 в емкости вместимостью 20 м³. Емкость была поставлена на циркуляцию с использованием фильтровального ком-

2. Влияние состава функциональных присадок и базового компонента на фильтруемость масла ТНК Гидравлик HLP 32

Базовый компонент	Присадки	Кинематическая вязкость при 40°C, мм ² /с	Фильтруемость масла, с*	
			без воды	с добавлением 2% воды
И-20А (Рязанский НПЗ)	Агидол, ДФ-11, В-15/41, депрессорная и антипенная	31,46	137	238
И-20А (Полоцкий НПЗ)		32,11	148	260
И-20А (Рязанский НПЗ)	Функциональный пакет Afton, депрессорная и антипенная	31,83	74	127
И-20А (Полоцкий НПЗ)		29,83	87	151

* требования стандарта Денисона: без воды – 133 с;
2 % воды – 209 с.

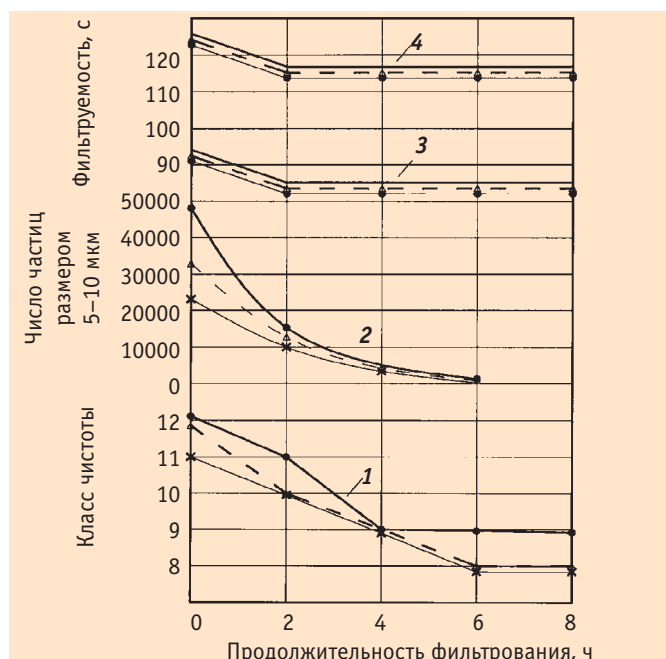


Рис. 3. Зависимость класса чистоты масел (1), содержания частиц размером 5–10 мкм (2) фильтруемости масла без воды (3) и с содержанием 2% воды (4), и от продолжительности фильтрации

плекса ВТИ. Комплекс ВТИ представляет собой промышленную установку производительностью 20 м³/ч, которая включает в себя фильтры различных типоразмеров, оснащенные унифицированными фильтрующими элементами, смонтированными в металлическом каркасе. Было проведено фильтрование трех разных товарных образцов масел при температуре 50–70°C продолжительностью до 8 ч. В течение 8 ч работы чистота масла улучшилась от класса 12 до класса 8. При оценке классов чистоты масел наибольшее влияние оказывают частицы размером 5–10 мкм. Например, за 4 ч фильтрования масла ТНК Гидравлик HLP 32 число частиц размером от 5 до 10 мкм уменьшилось с 47113 до 5639 шт., что соответствует 9-му классу чистоты, а при дальнейшем фильтровании в течение 6 ч – до 1000–1500 шт., что соответствует 8-му классу чистоты.

При изменении классов чистоты от 12-го до 8-го, фильтруемость по Денисону практически осталась без изменения (рис. 3).

Исследования масел «ТНК смазочные материалы»

При разработке гидравлических масел необходимо рассматривать два фактора, влияющих на фильтруемость: совместимость присадок и качество базового компонента.

Опыт эксплуатации импортных гидравлических масел, а также результаты испытаний опытных образцов с импортными пакетами присадок показывают, что масла имеют хорошую

фильтруемость. Таким образом, при использовании импортных пакетов остается только подобрать качественный базовый компонент. На основании выполненных исследований были приняты нормы содержания смолистых соединений и динамической вязкости в базовых маслах вязкости (28,8–35,2 мм²/с), действующие для производства современных промышленных масел, отвечающих европейским требованиям:

- содержание смол и ароматических углеводородов четвертой группы в базовых маслах, определяемое по ГОСТ 12244–76, не должно превышать 0,7%;
- динамическая вязкость базовых масел на приборе CCS по ASTM-D-2602 при –20°C не должна превышать 1600 мПа·с.

Чтобы базовые масла могли отвечать указанным требованиям, на Рязанском НПЗ был принят ряд мер, направленных на улучшение качества: осуществлен переход на более эффективный растворитель N-метилпирролидон при селективной очистке, который позволил удалить тяжелые ароматические углеводороды и значительно снизить содержание смол; одновременно был ужесточен режим гидроочистки, температура на выходе из печи была повышена на 20–30°C.

Для производства масла ТНК Гидравлик HLP 32 использовался пакет присадок компании Afton и базовое масло нормированного состава, отвечающее вышеуказанным требованиям. Масло ТНК Гидравлик HLP 32 было испытано в европейском исследовательском центре по комплексу методов, принятому для испытания гидравлических масел. Результаты испытаний подтвердили высокое качество масла, полностью удовлетворяющее жестким требованиям европейского стандарта DIN 51524 ч. II. Кроме определения типичных показателей, характерных для российских масел, в испытании по DIN 51524 имеется ряд особенностей. Противоизносные свойства оцениваются двумя методами: испытания в насосе Vickers (оценивается суммарный износ колец и клапанов) и оценка износа на шестеренчатом стенде FZG. Фильтруемость определяется методами ISO 13357-1, ISO 13357-2.

Для масла ТНК Гидравлик HLP 32 фильтруемость, определенная разными методами, характеризуется следующими показателями: по Денисону она равна 82 и 104 с, коэффициент фильтруемости по AFNOR равен 1,17, по ISO – от 88–97. Промышленная чистота оценивается классификационными числами по ISO 4406, число указывает количество и размер частиц в масле. При пересчете чисел на классы чистоты по ГОСТ 17216–2001 это соответствует 8-му классу (табл. 3).

На основе исследований разработаны ТУ 30.301-41-180-01, в которых установлены нормы фильтруемости по Денисону с использованием мембранного фильтра 1,2 μm, White PAWP, 47 мм. В приложении к ТУ дается подробное описание метода. Технические условия предусматривают 4 класса кинематической вязкости по ISO: 32, 46, 68, 100.

3. Результаты испытаний масла ТНК Гидравлик HLP 32 на соответствие требованиями стандарта DIN 51524 ч. II (HLP)

Показатель	Стандарт	Норма	Фактическое значение
Кинематическая вязкость при 40°C, мм ² /с	ASTM D 445	28,8–35,2	32,59
Температура вспышки, °C, не ниже	ASTM D 92	175	230
Температура застывания, °C, не выше	ASTM D 93	–18	30
Плотность при 15°C, г/см ³	IP 365	Определение обязательно	0,87501
Кислотное число, мг КОН/г	ASTM D 664	Определение обязательно	0,55
Время стабилизации плотности в процессе воздухоотделения при 50°C, мин, не более	IP 313	5	3,5
Дезэмульгируемость, мин, не более	ASTM D 1401	30	12,5
Окислительные характеристики: изменение кислотного числа за 1000 ч, мг КОН/г, не более	ASTM D 4310	2	0,17
Испытание на ржавление	ASTM D 665A	Выдерживает	Выдерживает
Показатели для расчёта фильтруемости масла без воды: этап № 1, %, не менее этап № 2, %, не менее	ISO 13357-1	70 50	97,4 88,6
Показатели для расчёта фильтруемости масла с водой: этап № 1, %, не менее этап № 2, %, не менее	ISO 13357-2	80 60	94,7 91
Содержание воды, %, не более	ASTM D 6304	0,05	0,005
Коррозия медной пластины при температуре 100°C в течение 3 ч, балл, не более	ASTM D 130	2	1a
Классификационные числа промышленной чистоты	ISO 4406	21/19/16	16/11*
Содержание механических примесей, мг/кг, не более	ISO 4405	50 max	6
Содержание золы, %	ASTM D 482	Определение обязательно	0,16
Склонность к пенообразованию/ стабильность пены, см ³ , не более: при 24°C при 94°C при 24°C после испытаний при 94°C	ASTM D 892	150 75 150	30 10 30
Оценка противоизносных свойств на шестеренчатом стенде FZG, ступени нагрузки, не менее	DIN 51354-2 или ASTM D 5182	9	11
Испытание в лопастном насосе V-104С Викакса, потеря массы кулачкового кольца и лопасти, мг, не более	IP 281	150	38,4
Изменение объема резины после испытания, %: SRE-NBR1, увеличение SRE-NBR1, уменьшение	DIN 535538-1	0–12 0–7	+7,4 –4
Коэффициент фильтруемости If_e , не более	NF E 48-690	1,5	1,17**
Фильтруемость по Денисону, с: без воды с 2% воды	ATP-02100-A	133 209	82 104***

* Соответствует 8-му классу по ГОСТ 17216–2001. ** Определяли в компании Afton. *** Определяли в компании «ТНК смазочные материалы».

Образцы индустриального масла ТНК Гидравлик HLP 32 с пакетом присадок Afton успешно прошли испытания на ВАЗе в 2001 г., и масло допущено к производству.

Последние 15–20 лет практически во всех отраслях промышленности наблюдается устойчивая тенденция к вовлечению импортной техники, для которой необходимы высококачественные смазочные материалы. В своей технической политике при разработке продукции компания «ТНК смазочные материалы» ориентируется на удовлетворение требований импортных стандартов к продукции, о чем свидетельствует получение одобрений зарубежных производителей: Bosch Rexroth, Cincinnati Machine, Denison-Parker, Eaton (Vickers) и других (табл. 4).

Именно такая политика позволяет широко внедрять масла как на импортном, так и на отечественном промышленном оборудовании.

Выводы

- На качество индустриальных масел существенно влияет углеводородный состав базовых компонентов и состав пакета присадок. Основная причина низкого качества российских масел заключается в использовании несовместимых с точки зрения фильтруемости пакетов присадок, а также применение при производстве индустриальных масел базовых компонентов с высоким содержанием смол.

4. Соответствие продукции европейским стандартам и одобрение западных производителей техники

Масло, соответствие стандартам	Область применения и характеристика	Одобрение западных производителей техники
ТНК Гидравлик HLP DIN 51524 часть II (HLP)	В гидросистемах оборудования, работающего при механических и термических нагрузках. Тонкость фильтрации менее 10 мкм	Comental; Denison HFO, HF1, HF2; Eaton (Vickers); Bosch Rexroth 90220; Cincinnati Lamb P-68, P-69, P- 70; Demag Plastservice
ТНК Гидравлик HVLP DIN 51524 ч. III (HVLP)	В системах гидроприводов и гидроуправления строительной и другой техники, эксплуатируемой на открытом воздухе при температурах окружающей среды от –40 до +60°C	Denison, AKROS
ТНК Гидравлик ZF DIN 51524 ч. II (HLP)	В термопласт-автоматах при производстве пластмассовых изделий. Не содержит цинка, обладает высокой гидролитической стабильностью	Demag Plastservice, Bosch Rexroth, Engel, Arburg, Battenfeld
ТНК МНС ISO VG 68, 220	Для направляющих скольжения станков, где требуется высокая точность обработки при высоких нагрузках и малых скоростях перемещения подвижных столов и суппортов. Отличается высокими противоизносными свойствами, высокой адгезией, хорошо отделяется от СОЖ	Cincinnati Milacron, Shmidt
ТНК Редуктор CLP DIN 51517 ч. III (CLP)	В зубчатых передачах промышленного оборудования, работающего при средних и высоких нагрузках. Отличается высокими противоизносными свойствами, выдерживает не менее 12 ступеней нагрузки на стенде FZG по методу ASTM D 5182	Одобрение оформляется
ТНК Компрессор VDL DIN 51506 (VDL)	В винтовых и поршневых компрессорах. Характеризуется высокими эксплуатационными свойствами, широким диапазоном классов вязкости – от 46 до 320	Одобрение оформляется
ТНК БДМ 150 ТНК БДМ 220 DIN 51517 ч. III (CLP)	Для смазывания подшипников скольжения, качения и зубчатых передач бумагоделательных машин. Обладает высокими противоизносными свойствами и водоотделением, выдерживает не менее 12 ступеней нагрузки на стенде FZG по методу ASTM D 5182	Voith VN 108, SKF Emcor (Roller test), FAG FE8, FAG step 4, FAG PM0, Metso Paper RAU4L00659.04

- Фильтруемость зависит главным образом от процесса мицеллообразования в масле. Увеличение размеров мицелл приводит к ухудшению фильтруемости. Рост размеров мицелл происходит из-за наличия химически активных присадок и одновременно за счет присутствия смол и полициклических ароматических углеводородов в базовых компонентах.

- При использовании высокоочищенных базовых компонентов с нормированным составом и пакетов присадок с улучшенной совместимостью российские производители масел в состоянии выпускать масла, отвечающие требованиям DIN 51524 и другим западным стандартам.

Список литературы:

1. **DIN 51524** Teil I, II. DK 665.767:62.22:620.1. Druckflüssigkeiten. Hydraulikole. Hydraulikole HLP. Mindestanforderung, Juni 1985.
2. **Миттел К.** Мицеллообразование, солюбилизация и микроэмульсии. – М.: Мир, 1980. – 598с.
3. **Мир-Бабаев М.Ф.** Нефтяные смолисто-асфальтеновые вещества // Химия и технология топлив и масел. – 1996. – № 6. – С. 43–46.
4. **Чесноков А.А. и др.** Масла и жидкости для промышленного оборудования // Обзорная информация. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1983. – С. 22–29
5. **Туманян Б.П., Фукс И.Г.** Коллоидная химия нефти и нефтепродуктов: Сб. материалов, посвященных научной деятельности проф. Г.И.Фука. – М.: Техника, ООО «ТУМА ГРУПП», 2001. – 96 с.
6. **А. TP-02100-A.** Procedure for determining filterability of hydraulic fluids. Denison hydraulics. Standard USA, 3/8/77.

7. **NF E 48-690** Norme francaise. Transmissions hydrauliques. Fluides. Mesure de la filtrabilite des huiles minerales. Afnor, decembre 1990, ISSN 0336-3931.

8. **ISO 13357-1:2002.** Petroleum products. Determination of the filterability of lubricating oils, Part 2: Procedure for dry oils. – ISO, 2002

9. **Шор Г.И., Благовидов И.Ф., Школьников В.М. и др.** Механизм мощного действия моторных масел в зависимости от мицелльного строения присадок и химического состава базовых масел // Улучшение качества смазочных масел и присадок: Труды ВНИИ НП. – М.: Химия, 1996. – Вып. XIV. – С. 149–159.

10. **ГОСТ 17216.** Чистота промышленная. Классы чистоты жидкостей. – М.: ЦПК изд-во стандартов, 2002. – 8 с.

Getinger A.Ya., Mitin I.V., Skobel'tsin A.S.

Design and manufacture of modern industrial and hydraulic oils

Keywords: industrial hydraulic oil, filterability, additives

Domestic industrial oils of the IGP type do not meet requirements of the European standard DIN 51524. Their basic deficiencies are poor functional properties and low filterability. Application of highly purified base oils with reduced tar and polycyclic aromatic hydrocarbons content and use of imported packages of additives allows production of industrial and hydraulic oils meeting the requirements of the European standard.

УДК 664.6 + 665.765

О.Н. ЦВЕТКОВ, д-р техн. наук (ОАО «ВНИИ НП»),
Б.А. ЕФИМОВ (ООО «Энергия Плюс»)
E-mail: paom@rambler.ru

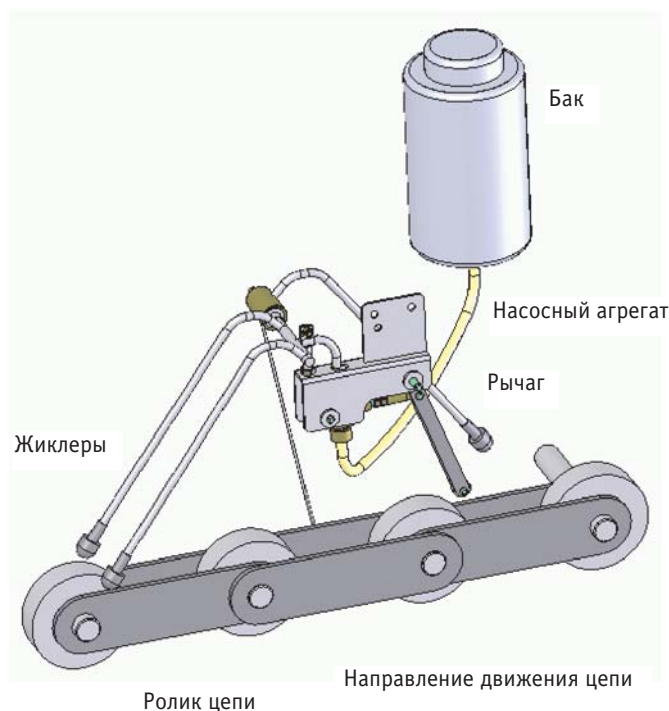
НОВОЕ МАСЛО ДЛЯ ЦЕПНЫХ ПЕРЕДАЧ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Ключевые слова: синтетическое смазочное масло, автоматический смазчик-дозатор, цепные передачи.

Специалисты ООО «Энергия Плюс» разработали автоматический смазчик-дозатор цепи, подающей хлебные формы в печь (рисунок). Данный смазчик позволяет дискретно и в автоматическом режиме впрыскивать оптимальное количество масла (0,2–0,3 г) в сопряжение ролика и оси.

Определенную проблему вызывает масло для смазывания цепи. Основные требования к нему: реологические свойства при высоких температурах (до 300°C), высокая температура вспышки и безопасность при возможном случайном контакте с пищевыми продуктами. **Применяемая зачастую смесь керосина с графитом для этих целей далека от идеала: микро- и наноразмерные частицы графита, как и испаряемая при высокой температуре в печи фракция нефтяных масел, образуют с воздухом золь, из которой они адсорбируются на открытой хлебной корочке, придавая ей потенциально аллергические и канцерогенные свойства.** Среди нефтяных масел требуемым реологическим свойствам удовлетворяли высоковязкие масла типа «вапор», однако из-за наличия в их составе полициклических ароматических и гетероатомных соединений они не отвечают современным экологическим требованиям. Медицинские и парфюмерные масла, как и растительные, обеспечивают безопасность при случайном контакте с выпекаемыми изделиями, однако недостаточно вязки и стойки при высоких температурах.

С учетом упомянутых требований в ОАО «ВНИИ НП» было разработано смазочное масло для применения в системе механического смазывания цепей, подвергаемых нагреву в хлебопекарных печах. В состав нового масла, обозначенного по ГОСТ 17479.4–87 как И-Л-А-460с, входят синтетические изопарафиновые углеводороды, полученные по специальной технологии. Масло И-Л-А-460с не содержит ароматических углеводородов, что говорит о его существенных преимуществах перед нефтяными продуктами того же назначения. Оно не содержит присадок или компонентов, не совместимых с пищевыми продуктами. В соответствии с санитарно-эпидемиологическим заключением разработанное масло нетоксично ($DL_{50} > 5000$ мг/кг), имеет 4 класс опасности по ГОСТ 12.1.007–76, не оказывает раздражающего действия на кожный покров и может применяться как смазочный материал, для которого возможен случайный контакт с пищевыми продуктами.



Автоматический смазчик-дозатор

Новое масло с положительным результатом было испытано на хлебозаводах Москвы (ЗАО «ПЕКО») и Архангельска (ЗАО «НП» Архангельскхлеб»). Применение масла согласовано с машиностроительным заводом-изготовителем хлебопекарных печей. При смазывании цепных приводов с помощью автоматического смазчика-дозатора масло не дает отложений на цепях.

В таблице представлены нормы ТУ на масло И-Л-А-460с и перечень ГОСТ на методы определения основных физико-химических свойств масла.

Масло, выработанное по ТУ 38.401-58-395–2008, характеризуется высокими вязкостью при 100°C, температурой вспышки и индексом вязкости, практически бесцветно. В отличие от обычных нефтепродуктов оно не имеет характерного запаха, работа с ним не вызывает у персонала неприятных ощущений. Разовый расход масла для смазки цепи, состоящей из 200–250 роликов, ограничивается 50–75 г. Годовой расход масла на одну цепь составляет 10–14 кг (данные приведены при использовании синтетического масла И-Л-А-460с).

ТУ 38.401-58-395-2008 масла И-Л-А-460с

Показатель	Норма по ТУ	Метод испытаний, ГОСТ
Вязкость кинематическая, мм ² /с, при: 100°C, не менее 40°C	40 414-506	33 -
Индекс вязкости, не менее	120	25371
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,06	5985
Температура вспышки в открытом тигле, °C, не ниже	270	4333
Температура застывания, °C, не выше	Минус 50	20287
Массовая доля механических примесей	Отс.	6370
Содержание воды	Отс.	1546
Цвет масла, ед. ЦНТ, не более	1,0	20284
Плотность при 15°C, кг/м ³	840-860	P 51069

Будучи безвредным, разработанное масло должно полностью заменить все иные масла и смазочные материалы в массовом производстве хлеба и кондитерских изделий. Повсеместное внедрение на хлебозаводах представляемой системы смазывания печных цепей с новым синтетическим маслом будет способствовать снижению аллергенной и канцерогенной нагрузки, оказываемой окружающей средой на население.

Tsvetkov O.N., Efimov B.A.

New oil for chain gears used in food industry

Keywords: automatic lubricator-dispenser, chain gears, lubricating oil.

A product of the VNII NP OJSC, lubricating oil for the system of mechanical lubricating chain gears being exposed to heating in baking ovens is presented in the article.

Проводится под патронатом Комитета по энергетике Государственной Думы РФ

8 - 10
декабря
2009 г.



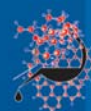
Москва,
ЦВК "Экспоцентр"

ВЫСТАВКИ

НЕФТЕГАЗОВЫЙ
ПОТЕНЦИАЛ РОССИИ
OIL AND GAS POTENTIAL OF RUSSIA



ГАЗОНЕФТЕХИМИЯ
GAZONEFTEKHIMIA



РОСНЕФТЕГАЗПРОМ
ROSNEFTEGAZPROM



МАЛЫЕ ПРЕДПРИЯТИЯ -
НЕФТЕГАЗОВОМУ КОМПЛЕКСУ
SMALL ENTERPRISES FOR OIL AND GAS COMPLEX

ДЕЛОВАЯ ПРОГРАММА:

Международный Топливо-энергетический и газонефтехимический конгресс

При поддержке:

Министерства энергетики РФ, Союза нефтегазопромышленников России,
Союза производителей нефтегазового оборудования.

ВНИМАНИЕ:

Темы докладов, Ф.И.О., должность докладчиков
предоставить до 10.11.2009г. в электронном виде

Дирекция Форума: ООО "Экспоброкер"
(499) 760-31-61, (499) 760-26-48,
(499) 760-27-86, bild@bk.ru.

Официальный сайт выставки
www.expobroker.ru

УДК 665.61.7 (075.8)

Б.И. БАХТИН, канд. техн. наук, **А.В. ДЕСЯТОВ**, д-р техн наук, **О.И. КОРБА**, **А.П. КУБЫШКИН**, канд. физ-мат. наук,
А.С. СКОРОХОДОВ (ФГУП «Центр Келдыша»)
E-mail: ventur2005@yandex.ru

Низкотемпературный крекинг углеводородов в кавитационных ультразвуковых полях

Ключевые слова: низкотемпературный («холодный») крекинг, кавитация, активность кавитации, кавитационная обработка, ультразвуковая (акустическая, волновая) обработка, ультразвуковое воздействие, ультразвуковые излучатели (реакторы, аппараты), акустическое излучение, интенсивность (мощность) акустического излучения.

Рассмотрены сообщения и патентные материалы по разработке новых технологий низкотемпературного крекинга нефтепродуктов путем их ультразвуковой обработки в кавитационных полях. На основе анализа этих публикаций выявлены параметры ультразвуковых воздействий, создающих возможность деструктивных изменений при обработке углеводородов.

С целью проверки этих возможностей разработана и создана лабораторная экспериментальная установка с проточным ультразвуковым реактором, использующим магнестрикционный излучатель с потребляемой мощностью до 5 кВт. В результате экспериментальных исследований установлено, что ультразвуковая обработка нефтепродуктов в условиях максимальной акустической активности кавитации приводит к заметным изменениям их фракционного, углеводородного, группового и элементного состава. На основе опыта работы с установкой спроектирован и изготовлен экспериментальный технологический модуль для обработки нефтяного сырья объемом до 100 л. При экспериментах с западно-сибирской нефтью установлено, что в результате ультразвуковой обработки при температуре сырья в пределах 1000°C прирост дизельных фракций может достигать 8–9 % от объема сырья.

Введение

Ультразвуковая кавитация давно используется для иницирования и интенсификации химических и физико-химических процессов [1–3]. Несмотря на многочисленные исследования этих процессов [1–8] многие особенности формирования и эволюции кавитационных зон, локального выделения энергии при схлопывании кавитационных пузырьков, сонолюминесценции, трансформации энергии при ультразвуковой обработке веществ пока не получили удовлетворительного объяснения, что создает определенные трудности при разработке новых ультразвуковых технологий.

Среди таких технологий можно выделить ультразвуковую обработку углеводородов, интерес к которой заметно вырос за последние 10–15 лет, что вызвано, в первую очередь, потенциальными возможностями осуществления процессов крекинга углеводородов при относительно низких средних температурах и давлениях среды по сравнению с аналогичными параметрами традиционных технологий нефтепереработки. Предложение по использованию кавитационного реактора для переработки мазута [9] было выдвинуто в 1984 г. Патент РФ на способ и установку для осуществления крекинга нефти и нефтепродуктов на основе ультразвуковой обработки сырья [10] был выдан А.Ф. Кладову в 1997 г. В настоящее время количество запатентованных в России и за рубежом технических решений в этой области исчисляется десятками. За прошедший период было опубликовано также немало сообщений, в частности в виде докладов на специализированных конференциях, о проектах новых тех-

нологий переработки нефтепродуктов с использованием ультразвуковых (акустических) методов воздействия на среду. К сожалению, технические детали проектов и их научное обоснование не получили в этих сообщениях достаточного освещения, что, возможно, объясняется определенной конфиденциальностью подобных сведений. Научная же информация, относящаяся непосредственно к исследованию деструктивных процессов в углеводородах под воздействием ультразвука, очень ограничена. Можно констатировать, что в настоящее время имеются большие проблемы как в понимании механизмов воздействия ультразвуковых полей на сложные многокомпонентные среды, к которым относятся смеси углеводородов, так и эффективности протекающих при этом физико-химических процессов.

Для экспериментальной проверки возможности осуществления низкотемпературного крекинга углеводородов в ультразвуковых кавитационных полях в ФГУП «Центр Келдыша» была создана установка с проточным ультразвуковым реактором. В результате исследований на этой установке было показано, что при определенных условиях и режимах ультразвуковой обработки углеводородных смесей деструктивные процессы могут приобретать заметный характер и приводить к увеличению фракций с температурами кипения, например, до 250°C на 60 % об. (5–7 % об. по отношению к обрабатываемому объему). Для приближения условий исследований к технологическому процессу был разработан и создан экспериментальный технологический модуль с ультразвуковым реактором. При отладочных экспериментах с западно-сибирской нефтью на этом модуле

получен прирост дизельных фракций после ультразвуковой обработки на 8–9 % об. по отношению к обрабатываемому объему.

При создании установки и технологического модуля были учтены известные технические решения и опыт разработок в этой области, краткий обзор которых приведен ниже.

Краткий обзор публикаций по ультразвуковой обработке углеводородов

В настоящем обзоре рассматриваются в основном те работы, целью которых было изменение химического состава углеводородов. Почти не уделялось внимания комбинированным способам переработки углеводородов, в которых кавитационно-акустические процессы играли роль вспомогательного интенсифицирующего фактора [11, 12].

В изобретении [10] крекинг нефтепродуктов предлагается осуществлять в кавитационных зонах, создаваемых ультразвуковым излучением с удельной акустической мощностью 1 МВт/м² (100 Вт/см²) и более. Температуру среды рекомендуется поддерживать на уровне 100–200°C, среднее статическое давление – в пределах 0,2–0,5 МПа. По мнению автора, локальное выделение энергии, приводящее к разрыву связей атомов в углеводородных молекулах, происходит в результате столкновения диаметрально противоположных участков внутренней поверхности кавитационных пузырьков на завершающей стадии их схлопывания. Для увеличения количества кавитационных пузырьков в зону обработки следует подавать диспергирующее вещество – воду или ртуть. Стабилизация продуктов крекинга обеспечивается путем введения в эту же зону 2–3% масс. газообразного водорода. Обработка производится в режиме циркуляции среды с отводом образующегося продукта. Установка для ультразвуковой обработки представляет собой многокамерное гидродинамическое устройство типа гидравлической сирены, имеющее статор и ротор с совмещаемыми отверстиями. Со ссылкой на результаты проведенных экспериментов утверждается, что под воздействием ультразвуковой обработки, например, вакуумного газойля можно обеспечить выход продуктов крекинга (бензиновые фракции) более 90% масс.

В крекинге органических соединений [13, 14] сырье предлагается обрабатывать встречными акустическими волнами, имеющими разные частоты и сдвиг по фазе. Диапазон частот 1–104 кГц, удельная акустическая мощность в зоне обработки 1–104 МВт/м². Для достижения высоких удельных мощностей акустического поля можно использовать, например, примененную авторами сферическую фокусировку ультразвуковых излучений, создаваемых пьезокерамическими преобразователями, закрепленными на поверхности реактора сферической формы. Давление в реакторе должно поддерживаться на уровне 0,5–1,6 МПа, температура – до 80°C. Авторы изобретения считают, что при определенных режимах обработки нефти, содержащей, например, до 20% воды и до 5% водородсодержащего газа, от массы исходной смеси можно получить 85–90% бензиновых фракций [14]. Такая технология обработки, названная авторами

технологией «холодного» крекинга, обеспечит, по их мнению, низкую себестоимость производимой продукции и высокую рентабельность ее производства. Более корректно, вероятно, подобную переработку называть технологией низкотемпературного крекинга – этот термин и будет использоваться в дальнейшем.



Известны также предложения о применении для воздействия на обрабатываемую среду волновых полей с заданным узким или широким спектром частот – от акустического до электромагнитного [15] и даже до оптического [16]. В первом случае на среду воздействуют волнами с резонансной частотой колебаний молекул органических соединений. Последующий нагрев среды до 140–380°C может привести к активной деструкции таких активированных соединений, что обеспечивает селективное воздействие на определенные виды углеводородов, например на высокомолекулярные. Во втором случае [16] при нагреве сырья после волновой обработки до 360°C повышается глубина переработки при снижении энергозатрат.



В некоторых способах и проектах обработки углеводородных сред воздействие на сырье осуществляется кавитирующими струями без использования подвижных механических (роторно-статорных) систем.

В качестве примера можно привести изобретение [17], в соответствии с которым поток углеводородного сырья с водородсодержащей добавкой сначала турбулизируют, например, с помощью завихрителя, затем ускоряют до скорости 330–350 м/с в соплах, выполненных в стенках рабочих камер, и затем расширяют в диффузорах на выходе из сопел. Чтобы повысить эффективность обработки, используется несколько рабочих камер, выполненных в форме стаканов и вставленных один в другой. Результатом такой обработки, по убеждению авторов, может быть повышение глубины переработки углеводородов и увеличение выхода целевого продукта.



Аналогичный принцип использован в другом техническом исполнении струйного насадка [18], в котором сопла расположены последовательно одно за другим по одной оси, а промежуточные полости между ними могут быть вакуумированы. Утверждается (без ссылок на подтверждающие материалы), что при прокачке сырой нефти через такую систему основная масса сырья без дополнительных операций переходит в бензиновые и другие легкие фракции.



В патенте США [19] приведен комбинированный способ обработки нефтепродуктов ультразвуковым и микроволновым воздействием для снижения количества серосодержащих загрязнений и конверсии тяжелых углеводородов в более легкие. Рекомендуемая частота ультразвука 10–40 кГц, микроволнового излучения 900–2500 Мгц.



При ультразвуковой кавитационной обработке углеводородных смесей [20] для повышения выхода легких фракций при последующей атмосферной разгонке выдвигается специальное условие об ограничении интенсивности ультразвуковой энергии (под этим термином понимается отноше-

ние потребляемой мощности к площади излучающей поверхности) на уровне 375 Вт/см^2 , чтобы исключить крекинг углеводородов. Предполагается, что при этом локальные импульсы давлений и температур в кавитационной зоне приведут к ослаблению межмолекулярных связей углеводородов в смеси, что упростит процесс выделения легких фракций при разгонке, в частности, за счет повышения их десорбции из гетероатомов. Ограничение интенсивности ультразвуковой энергии снизит энергозатраты на обработку углеводородов, благодаря чему технология обработки может быть коммерчески более привлекательной. Приведенные в патенте примеры экспериментальной проверки способа при интенсивности энергии $40\text{--}100 \text{ Вт/см}^2$ демонстрируют изменения фракционного состава смесей углеводородов после ультразвуковой обработки, в частности, в ряде случаев наблюдается снижение температуры начала кипения. Однако полученные данные не позволяют сделать однозначное заключение об отсутствии процессов крекинга в условиях экспериментов.



Исследования изменений свойств нефтепродуктов под влиянием ультразвука ведутся уже длительное время [1, 4, 21, 22]. В работе [21] приводятся результаты исследований по растворимости парафина, изменению вязкости, дегазации нефти под воздействием ультразвука. Деструктивных изменений в условиях этих экспериментов (частота ультразвука – десятки, сотни кГц, удельная акустическая мощность $5\text{--}15 \text{ Вт/см}^2$) отмечено не было. При многочасовом ультразвуковом воздействии на бензол, толуол и гетероциклические соединения в водных растворах наблюдались химические превращения углеводородов [4], в частности распад молекул, но в очень небольших объемах.



В работах [23, 24] исследовалась деструкция углеводородов (н-октана и н-декана) при совместном воздействии кавитационного и электрического поля. Над стержневым излучателем, игравшим также роль высоковольтного электрода, выше кавитационной зоны размещался второй электрод. При напряженности постоянного электрического поля более 10 кВ/см отмечалось повышение вспышек сонолюминесценции. Предполагалось, что в таких условиях электрические разряды в кавитационных пузырьках могут приводить к образованию радикалов в газообразной или непосредственно жидкой фазе. При определенной концентрации радикалов ($0,1\text{--}1,0\%$) возможен переход к цепным реакциям с их существенным ускорением. Эксперименты показали, что деструктивные изменения в углеводородах при таком комбинированном воздействии могут иметь место, но даже после нескольких часов обработки концентрация продуктов распада не превышает десятых долей процента. Поиски оптимальных режимов работы реактора привели к усовершенствованию способа обработки углеводородов, позволившему заметно повысить ее эффективность [24]. Было установлено, что при введении в кавитационную зону небольших количеств электролита интенсивность свечения резко возрастает и в этой области формируется устойчивый объемный разряд. Уже через 10 мин обработки при напряженности электрического поля до 20 кВ/см , силе тока 1 мА и удельной акустической мощности

15 Вт/см^2 выход продуктов деструкции (непредельные углеводороды, ароматические соединения) достигал $1,5\text{--}2\%$. При этом коэффициент полезного действия, согласно расчетным оценкам, составлял около 4% .

Как видно из приведенных материалов, информация о возможных механизмах и требуемых параметрах ультразвукового воздействия на углеводороды, а также об эффективности их обработки носит разноречивый характер. Не останавливаясь на деталях и особенностях различных технических решений, попробуем выделить некоторые общие принципиальные подходы к разработкам технологий и устройств низкотемпературного крекинга углеводородов.

Требуемые параметры воздействий

Для осуществления крекинга углеводородов необходимо обеспечить подведение к единице их массы некоторого количества энергии определенной плотности (интенсивности, концентрации). В условиях, например, термического крекинга газойля или мазута удельные затраты тепловой энергии составляют приблизительно $1,2\text{--}1,7 \text{ МДж}$ на 1 кг получаемой продукции (бензина) [25]. Если принять удельные энергозатраты процессов крекинга на уровне $w_{\text{кр}} = 1,5 \text{ МДж/кг}$, то можно определить минимальное требуемое значение дозы D акустической энергии, подводимой к единице массы сырья, при которой обеспечивается заданный выход продукции. Например, если заданный выход продукции составляет 10% от массы сырья, то D должно быть не менее $0,15 \text{ МДж/кг}$; при выходе 100% продукции – не менее $1,5 \text{ МДж/кг}$. Реальное значение подводимой акустической энергии должно быть существенно выше, так как должно определяться с учетом суммарного КПД процессов трансформации энергии. Если, например, значение химико-акустического КПД [5] составляет $\eta_{\text{ха}} = 0,2$, то подводимая акустическая энергия должна быть на уровне $7,5 \text{ МДж/кг}$ для полной переработки углеводородов. При этом локальная плотность подводимой энергии, которая зависит главным образом от удельной акустической мощности J , также не должна быть ниже определенного значения, чтобы обеспечить при ультразвуковой обработке разрыв связей атомов в углеводородных молекулах. Как показывают эксперименты, при удельной акустической мощности ниже $10\text{--}15 \text{ Вт/см}^2$ ($0,10\text{--}0,15 \text{ МВт/м}^2$) заметных деструктивных изменений в углеводородах, представляющих технологический интерес, не наблюдалось. Можно считать, что значение $J = 15\text{--}20 \text{ Вт/см}^2$ является нижней границей удельной акустической мощности для рассматриваемой задачи низкотемпературного крекинга углеводородов. Максимальное значение мощности, достигаемое путем фокусировки акустической энергии в жидкой среде, также не может быть беспредельно большим. С увеличением значения J растут потери акустической энергии (пропорционально J^2) в кавитационной зоне [5], затрудняющие дальнейшую концентрацию энергии путем ее фокусировки. Поэтому можно предполагать, что обеспечить обработку сырья ультразвуком с удельной акустической мощностью более $50\text{--}100 \text{ Вт/см}^2$ вряд ли технически возможно. Частотный диапазон акустических полей также имеет определенные ограничения. Известно [1, 2, 5], что с повышением частоты затрудняется

процесс образования кавитационных пузырьков в волне разряжения. При озвучивании воды, например, при частоте выше 15–20 кГц начинает заметно возрастать порог амплитуды звукового давления, соответствующий началу кавитации. Поэтому можно ожидать, что процессы обработки углеводородов ультразвуком с частотой выше 50–100 кГц окажутся энергетически затратными.

Исходя из принятых предпосылок, можно сделать сравнительную оценку перспективности различных известных технических решений и их ожидаемой эффективности. При анализе обсуждаемых работ не рассматривалась гипотетическая возможность выделения энергии за счет ядерных реакций синтеза в кавитационных зонах [26, 27] из-за спорной на сегодняшний день, по мнению авторов настоящей работы, доказательной базы реализации подобных процессов.

Излучатели, используемые для создания акустических полей в обрабатываемых средах, можно разделить на две основные группы – электроакустические (с пьезоэлектрическими или магнитострикционными преобразователями) и гидроакустические (гидравлические сирены, струйные устройства). Значение дозы при использовании электроакустических излучателей для обработки сырья можно оценить по формуле

$$D = JSt / (V \cdot \rho),$$

где S – площадь излучающей поверхности; t – продолжительность обработки; V – объем обрабатываемой среды; ρ – плотность среды.

При развитой кавитации в отсутствии протока среды объем обрабатываемой среды соизмерим с объемом кавитационной зоны, протяженность которой не превышает половину длины волны ультразвука в среде (λ). При этих допущениях можно получить для плоской волны приближенную зависимость продолжительности обработки среды от задаваемой дозы:

$$t = D\lambda\rho / (2J).$$

Длина волны в кавитационной зоне, определяемая скоростью звука в среде, зависит от степени двухфазности среды (индекса кавитации). Для оценочных расчетов максимальной продолжительности обработки можно использовать значение длины волны в жидкости, не содержащей пузырьков. Удельная акустическая мощность J пьезоэлектрических излучателей без использования фокусирующих устройств составляет 5–10 Вт/см², серийные магнитострикционные излучатели имеют удельную мощность 20 Вт/см² и более [28]. Высокая прочность магнитострикционных материалов позволяет создавать излучатели с удельной акустической мощностью 30–50 Вт/см². Расчет по приведенной выше формуле продолжительности обработки углеводородов магнитострикционным излучателем с частотой 20 кГц и удельной акустической мощностью 50 Вт/см² дает приемлемое значение $t \sim 7,5$ мин для требуемой дозы $D = 7,5$ МДж/кг. Таким образом, можно предполагать, что **использование магнитострикционных излучателей и пьезокерамических излучателей с концентраторами акустической энергии дает принципиальную возможность обеспечить параметры обработ-**

ки углеводородов в режиме низкотемпературного крекинга.

При использовании гидроакустических излучателей реализация таких возможностей вызывает немалые затруднения. В подобных устройствах под действием перепада давлений жидкая среда разгоняется до высоких скоростей с последующим преобразованием кинетической энергии потока (потоков) в акустическую. Гидравлическая мощность струи определяется в виде произведения перепада статических давлений на входном и выходном участках на объемный расход струи. Если разделить эту мощность на массовый расход и принять во внимание, что максимальный перепад давлений в рассматриваемых устройствах равен избыточному давлению на входе ($p_{вх}$), приходим к известной простой формуле для расчета максимальной удельной (на единицу массы) кинетической энергии жидкости:

$$N_{уд} = p_{вх} / \rho.$$

Часть кинетической энергии, определяемая гидроакустическим КПД ($\eta_{га}$), трансформируется в акустическую энергию, воздействующую на этот же поток жидкой среды. В этом случае доза, воспринимаемая обрабатываемой средой,

$$D = \eta_{га} p_{вх} / \rho.$$

Расчет по этой формуле, например, при давлении $p_{вх} = 2,0$ МПа, плотности среды $\rho = 900$ кг/м³ и КПД $\eta_{га} = 1$ дает максимально возможное значение подводимой дозы $D = 2,2$ кДж/кг при требуемом для полной переработки сырья значении 7,5 МДж/кг. При такой подводимой дозе массовая доля продуктов крекинга при однократном проходе среды через гидроакустическое устройство не превысит 0,03%. Это означает, что использование подобных гидроакустических устройств при работе в однократном режиме с целью деструкции углеводородов перспектив промышленного применения, по-видимому, не имеет из-за малого значения акустической энергии, которую можно ввести в единицу массы струи.

Для решения исследовательских задач допустим режим циркуляции среды с многократным пропуском ее через зону обработки и накоплением продуктов обработки, однако использование подобной закольцованной схемы в промышленной технологии может оказаться неприемлемым из-за высоких потерь энергии. Известны конструкции гидроакустических устройств с разделением зон генерации акустических волн и обработки среды. В таких устройствах излучатель передает акустическую энергию через мембрану в зону обработки, где среда может быть неподвижной. В этом случае гипотетически возможно подведение к обрабатываемой среде требуемой дозы акустической энергии. Трудной технической проблемой при использовании таких конструкций может быть обеспечение высокой удельной акустической мощности излучателя с передачей ее через мембранный узел с сохранением его работоспособности. Еще одна гипотетическая возможность увеличения эффективности использования гидроакустических устройств состоит в существенном повышении давления струи. Так, при $p_{вх} = 200$ МПа теоретический выход продуктов обработки углеводородов может достигнуть 3%.

Таким образом, сравнительный анализ известных технических решений по волновой обработке нефтепродуктов,

сделанный на основе энергетического подхода к процессам конверсии тяжелых углеводородов в более легкие, показывает, что для достижения поставленной цели **предпочтение следует отдавать использованию электроакустических устройств, способных обеспечивать излучение на частоте 15–25 кГц с удельной акустической мощностью в диапазоне 20–100 Вт/см²**. Эти выводы были приняты в качестве исходных условий при разработке экспериментальной установки.

P.S. Для удобства восприятия информации далее приведен список литературы, относящейся к изложенному выше материалу. Он же относится и к продолжению статьи, которое будет напечатано в следующем номере.

Список литературы

1. **Л. Бергман.** Ультразвук и его применение в науке и технике. – М.: – Изд-во иностранной литературы, 1956. – 726 с.
2. **Физическая акустика** / Под ред. У. Мэсона. Т.1. Методы и приборы ультразвуковых исследований. Часть Б. – М.: Мир, 1967. – 364 с.
3. **Мощные ультразвуковые поля** / Под ред. Л.Д. Розенберга. – М.: Наука, 1968. – 268 с.
4. **Эльпинер И.Е.** Ультразвук: Физико-химическое и биологическое действие. – М.: Физматгиз, 1963. – 192 с.
5. **М.А. Маргулис.** Основы звукохимии. – М.: Высш. школа, 1984. – 272 с.
6. **М.А. Маргулис.** Сонолюминесценция // Успехи физических наук. – 2000. – Т. 170. – №3. С. 263–287.
7. **Новицкий Б.Г.** Применение акустических колебаний в химико-технологических процессах. – М.: Химия, 1983. – 192 с.
8. **Валитов Р.Б., Курочкин А.К., Маргулис М.А. и др.** Химические и физико-химические процессы в полях, создаваемых гидроакустическими излучателями. Ч 1: Интенсифицирующее действие гидроакустического поля на некоторые химические реакции // Журнал физической химии. – 1986. – Т. LX. – №4. – С. 889–892.
9. **А.с. 1377281 А1 СССР, 1984.** Курочкин А.К., Гимаев Р.Н., Валитов Р.Б. и др. Способ переработки мазута.
10. **Пат. 2078116 С1 РФ, 04.27.97.** Кладов А.Ф. Способ крекинга нефти и нефтепродуктов и установка для его осуществления.
11. **Pat. US 5914027, 22.06.1999.** O. Ellingsen. Thermo-Mechanical Cracking and Hydrogenation.
12. **Гимаев Р.Н., Курочкин А.К.** «Висбрекинг-Термокат» – процесс кардинального углубления переработки нефти // Международный форум «ТЭК России: региональные аспекты». Сб. материалов. – С.-П., 8-11 апр. 2003. – С. 137–139.
13. **Пат. 2151165 С1 РФ, 20.06.2000.** Способ крекинга органических соединений в жидкой и газообразной фазах и установка для его осуществления / Р.Н. Камалов, В.И. Прибышин, В.П. Дыбленко и др.
14. **Прибышин В.** Холодный ультразвуковой крекинг – уникальная технология переработки // Газ & Нефть: Энергетический бюллетень. – 2002. – №8 (80). – с. 26–27.
15. **Пат. 2246525 С1 РФ, 20.02.2005.** Способ деструкции органических соединений и установка по переработке нефтехимических отходов / М.П. Крестовников, А.Л. Снегоцкий.
16. **Пат. 2215775 С1 РФ, 10.11.2003.** Способ переработки тяжелых нефтесодержащих фракций и установка для его осуществления / А.В. Вяткин, О.Ю. Иванов, В.Л. Калинин.
17. **Пат. 2124550 С1 РФ, 10.01.1999.** Способ переработки тяжелого углеводородного сырья и устройство для его осуществления / В.П. Крымов, С.В. Крымов.
18. **Пат. 2272678 С1 РФ, 27.03.2006.** Насадок Шестеренко / Н.А. Шестеренко.
19. **Pat. 2006/0180500 A1 US, 17.08.2006.** Upgrading of Petroleum by Combined Ultrasound and Microwave Treatments / Rudolf W. Gannerman.
20. **Pat. 2003/0051989 A1 US, 20.03.2003.** Method to Liberate Hydrocarbon Fractions from Hydrocarbon Mixtures / Douglas P. Austin.
21. **Падалка Е.С.** Ультразвук в нефтяной промышленности. – Киев: ГКИ, 1962. – 67 с.
22. **Кузнецов О.Л., Ефимова С.А.** Применение ультразвука в нефтяной промышленности. – М.: Недра, 1983. – 192 с.
23. **Голубничий И.И., Гончаров В.Д., Протопопов Х.В.** О свечении в некоторых жидких углеводородах при совместном действии ультразвука и электрического поля // Химия высоких энергий. – 1969. – Т. 3. – № 6. – С. 515–522.
24. **Бесов А.С., Колтунов К.Ю., Брулев С.О. и др.** Деструкция углеводородов в кавитационной области в присутствии электрического поля при активации водными растворами электролитов // Письма в Журнал технической физики. – 2003. – Т. 29. – Вып. 5. – С. 71–77.
25. **Рудин М.Г., Сомов В.Е., Фомин А.С.** Карманный справочник нефтепереработчика. – М.: ОАО «ЦНИИТнефтехим», – 2004. – 334 с.
26. **Липсон А.Г., Дерягин Б.В., Ключев В.А. и др.** Инициирование ядерных реакций синтеза при кавитационном воздействии на дейтерийсодержащие среды // Журнал технической физики. – 1992. – Т. 62. – Вып. 12. – С. 121–130.
27. **Хаврошкин О.Б., Быстров В.П.** Термоядерная модель сонолюминесценции. М.: Препринт ИОФАН, 2002. – 28 с.

(Продолжение в следующем номере)

Bakhtin B.I., Desyatov A.V., Korba O.I., Kubyshev A.P., Skorokhodov A.S.

Low-temperature cracking of hydrocarbons in cavitation ultrasonic fields

Keywords: low-temperature (cold) cracking, cavitation, ultrasonic (acoustical, wave) machining, ultrasonic affecting, acoustical radiation.

Parameters of ultrasonic effects providing possibility of destructive changes at processing of hydrocarbons are revealed.

Laboratory experimental unit with a pass-through ultrasonic reactor using magnetostrictive emitter with an input to 5 kW has been created. It was found that ultrasonic exposure of petroleum products in the conditions of the maximum acoustical activity of cavitation leads to changes of their fractional, hydrocarbon, group and element composition. On the basis of unit operational experience an experimental technological module for processing oil feedstock up to 100 litres has been designed and constructed. In experiments with West Siberian oil it was found that as a result of ultrasonic exposure at feed temperature about 100°C the gain of diesel fractions can reach 8-9 % to feed volume.

ГЛАВНОЕ СОБЫТИЕ РЫНКА СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ РОССИИ



V МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПРОИЗВОДСТВО И РЫНОК СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

11 – 12 ноября 2009 г.

Отель «Ренессанс», Москва

СПОНСОРЫ

ОРГАНИЗАТОР



Выступление с докладом

Мы приглашаем вас и сотрудников вашей компании внести свой вклад в деятельность конференции и поделиться знаниями, опытом, новыми идеями, технологиями, практическими кейсами и проектами с вашими коллегами со всего мира.

По вопросам выступления с докладом на конференции обращайтесь, пожалуйста, к Екатерине Карякиной – EkaterinaK@rpi-inc.com



Каждый год самые влиятельные представители международного рынка смазочных материалов встречаются в Москве на международной конференции «Производство и рынок смазочных материалов». Мы приглашаем вас присоединиться к ним в этом году.

Конференция стала традиционной площадкой для встречи участников данной отрасли. Благодаря высокому уровню делегатов и спонсоров, уникальным возможностям для общения с потенциальными клиентами и партнерами, непревзойденным вечерним фуршетам и программе высочайшего качества конференция заслужила право считаться главным событием отрасли в России.

Участие представителей индустрии самого высокого уровня более чем из 20 стран превратило мероприятие в площадку, где совершаются крупные сделки и принимаются стратегически важные решения. Конференция предназначена для всех участников рынка, кто серьезно относится к росту и развитию отрасли в целом и своего бизнеса в частности.

Посетите международную конференцию «Производство и рынок смазочных материалов» и, возможно, эти 2 дня станут самыми прибыльными для вас в этом году!

КОРОТКО О КОНФЕРЕНЦИИ 2008 года:

- ▶ 450 делегатов – представителей индустрии самого высокого уровня
- ▶ 40 докладчиков – ключевых экспертов рынка
- ▶ 200 ведущих российских и иностранных компаний
- ▶ 23 страны – в одно время и в одном месте

В конференции «Производство и рынок смазочных материалов – 2008» приняли участие такие компании, как Лукойл, RohMax Additives, ExxonMobil Chemical, CRODA, Chevron Oronite, Dow Corning, Statoil, Infineum, ТНК-Смазочные материалы, Газпром нефть, TOTAL Lubrifiants Russia and CIS, Fuchs Petrolub AG, Ассоциация автомобильных инженеров РФ, ГосНИИ №25 Министерства обороны РФ, ГосНИИ гражданской авиации РФ, Lubrizol, OMV AG и многие другие.

Спонсорские возможности

Спонсорство этого уникального мероприятия - отличная возможность для того, чтобы укрепить позиции вашей компании на рынке смазочных материалов, привлечь внимание высокопрофессиональной аудитории, продемонстрировать свои знания и опыт в этой области и положить начало развитию нового бизнеса. Мы предлагаем различные спонсорские пакеты, а также можем разработать индивидуальную программу для вашей компании, чтобы максимально удовлетворить ваши потребности.

МЕДИА-ПАРТНЕРЫ

Официальный
медиа-партнер



www.rpi-conferences.com

тел. + 7 (495) 502-5433; 778-9332 e-mail: YanaM@rpi-inc.com

УДК 621.892.8:061.3

В.Г. МЕЛЬНИКОВ, д-р техн. наук (ОАО «ВНИИ НП»)
E-mail: vmelnicov@list.ru

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ УРАВНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОК

Ключевые слова: реологические свойства, структурированные системы, реология, реологические уравнения состояния, пластичные смазки, эффективная вязкость, структурный каркас.

Приведены эмпирические реологические уравнения состояния, используемые для описания кривых течения пластичных смазок в широком интервале скоростей деформации сдвига. В настоящее время для описания поведения пластичных смазок используется модифицированное уравнение Гершеля–Балкли. Особый интерес представляет математический вывод уравнения течения пластичных смазок, учитывающий особенности их разрушения, внутреннее трение дисперсионной среды и дополнительные сопротивления, создаваемые элементами разрушающегося структурного каркаса.

Перечислены практические приложения реологического уравнения состояния пластичных смазок: определение их реологических параметров и расчет толщины пленки в различных режимах работы упругогидродинамических контактов.

Вязкость пластичной смазки – один из важнейших эксплуатационных показателей

Изменения структурно-механических (реологических) свойств структурированных систем, обусловленные взаимодействиями частиц со средой и между собой, исследуются методами реологии – науки о деформациях и течении материальных систем. Основная задача реологии – установление зависимости между механическими напряжениями и деформациями, а также их изменениями во времени. Соответствующие зависимости называются реологическими уравнениями состояния.

Несмотря на большое количество работ и разнообразие подходов в области реологии структурированных дисперсных систем, пока еще нет удовлетворительной общей количественной теории, связывающей реологические свойства тел с особенностями их структуры.

Важным представителем структурированных дисперсных систем являются пластичные смазки. С коллоидно-химической точки зрения мыльные пластичные смазки на основе углеводородной дисперсионной среды представляют собой лиофильные структурированные (связнодисперсные) тиксотропные системы, неупорядоченная пространственная сетка (структурный каркас) которых образована первичными частицами дисперсной фазы (пластинчатые мицеллы), имеющими коллоидные размеры в двух измерениях и макроскопические размеры в одном измерении, что обеспечивает межфазную удельную поверхность, достигающую сотен метров во второй степени на один грамм смазки.

Под **вязкостью пластичных смазок и других структурированных систем понимают их сопротивление течению или внутреннее трение**. Ее нельзя выразить константой, подобной коэффициенту вязкости масел, а принято оценивать функциональной зависимостью относительной скорости деформации сдвига от напряжения сдвига в широком интервале изменения последнего и при постоянной

температуре. Этот показатель, имеющий смысл лишь тогда, когда указаны скорости деформации сдвига, при которых он определяется, называется **эффективной вязкостью** и определяется при вискозиметрических измерениях как зависимость между максимальным напряжением τ сдвига у стенок вискозиметра и средней скоростью $D_{\text{ср}}$ деформации сдвига:

$$\eta_{\text{эф}} = \tau / D_{\text{ср}}$$

Вязкость пластичной смазки – один из важнейших эксплуатационных показателей. По нему оценивают прокачиваемость смазок по мазепроводам, возможность заправки в узлы трения при помощи различных заправочных устройств, легкость запуска механизмов, а также потери мощности на трение, особенно в пусковой период.

Вязкость пластичных смазок складывается из внутреннего трения дисперсионной среды и дополнительных сопротивлений, создаваемых элементами структурного каркаса.

Структурный каркас мыльных смазок образуется путем переплетения и зацепления длинных пластинчатых мицелл и их ассоциатов, поскольку они контактируют друг с другом в «стесненных» условиях. Соприкасаясь своими концами, пластинчатые мицеллы образуют ажурную пространственную сетку. Для мыльных смазок уменьшение эффективной вязкости с увеличением скорости деформации сдвига обусловлено как непрочностью пластинчатых мицелл, так и характером и степенью разрушения межчастичных коагуляционных контактов (структурного каркаса). При разрушении коагуляционных контактов анизометричные частицы ориентируются своими большими осями вдоль направления потока, при этом хаотическое направление движения частиц меняется на упорядоченное, что ведет к уменьшению вязкости. С увеличением скорости деформации сдвига вторичные и тем более первичные частицы разрушаются не сразу, что определяет постепенное увеличение текучести в результате постепенного разрушения группы частиц, перемещающихся как единое целое.

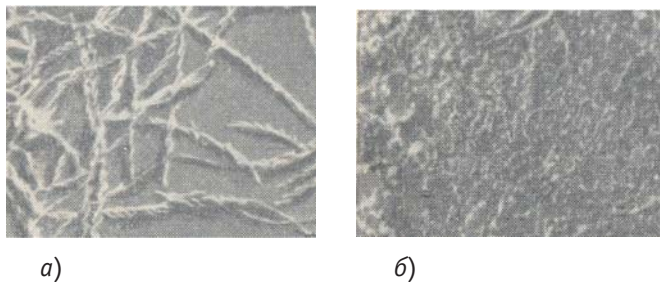


Рис. 1. Электронномикрофотография структуры литиевой пластичной смазки:

а – неразрушенной; *б* – разрушенной (после 30 мин работы в подшипнике)

Структура литиевой пластичной смазки, видимая при помощи электронного микроскопа, до и после механического разрушения показана на **рис. 1**.

На электронномикрофотографиях неразрушенной литиевой смазки видно беспорядочное расположение скрученных, переплетенных или сросшихся друг с другом волокон. Длина волокон в неразрушенной смазке достигает нескольких микрон, а толщина приблизительно 0,1 мкм. На электронномикрофотографиях разрушенной литиевой смазки видно, что скрученные волокна распались на отдельные зерна размером меньше 700 Å. На концах разорванных волокон можно наблюдать резко оборванные края.

Волокна мыла с большим отношением длины к диаметру имеют большую механическую стабильность. Поэтому прочность структуры при разрыве волокон на более короткие фрагменты снижается, а при расщеплении их вдоль оси на более тонкие волокна – увеличивается.

В определенном смысле мыльную смазку можно считать квазилиофильной структурированной системой, поскольку лиофильность первичных частиц ее дисперсной фазы обусловлена существованием мыльной псевдофазы в виде обращенных мицелл. При механической деформации структурного каркаса мыльной смазки лиофильность квазилиофильной структурированной системы нарушается, что значительно увеличивает межфазную энергию и обуславливает термодинамическую неустойчивость коллоидной системы. В этот момент структура изменяется в результате двух противоположных процессов – возникновения (восстановления) и разрыва межчастичных контактов. Избыток свободной межфазной энергии способствует непрерывной ассоциации молекул мыла с образованием мицеллярной псевдофазы, что приводит к термодинамической стабилизации системы. Если при нарушении динамического равновесия число восстанавливающихся после разрушения связей превышает число разрушаемых связей, то происходит увеличение эффективной вязкости смазки и упрочнение структуры – так называемое тиксотропное восстановление.

С реологической точки зрения пластичные смазки являются типичными представителями вязкопластичной среды – модели тела, которое не деформируется до достижения некоторого критического напряжения – предела текучести (или предела прочности структурного каркаса) τ_0 , а затем течет как вязкая жидкость. После снятия напряжения пластичная смазка вновь приобретает свойства вязко-

пластичного тела. Таким образом, свойства пластичной смазки как твердого тела обусловлены наличием структурного каркаса, особенности которого определяются природой, размерами (дисперсностью и анизотричностью), формой частиц дисперсной фазы и энергетическими связями между этими частицами и дисперсионной средой. С другой стороны свойства пластичной смазки как вязкого тела обусловлены вязкостью её дисперсионной среды.

Уравнение течения пластичных смазок, адекватно определяющее связь касательного напряжения со скоростью деформации сдвига, вывести достаточно сложно, поскольку течение смазок определяется большим числом взаимосвязанных факторов, зависящих от вязкости дисперсионной среды, концентрации и свойств загустителя, а также от механических разрушений на предшествовавших течению стадиях. Поэтому для описания кривой течения смазок используются реологические уравнения состояния, которые представляют собой лишь эмпирические или полуполуприближения, описывающие кривые течения в определенном интервале скоростей деформации сдвига. В идеале реологическое уравнение состояния должно не только адекватно описывать кривые течения в достаточно широком интервале скоростей деформации сдвига, но и отражать особенности разрушения структурного каркаса смазки.

К настоящему времени предложено несколько реологических уравнений состояния для описания поведения таких неньютоновских жидкостей, как пластичные смазки, тем не менее, общепринятого реологического уравнения состояния фактически не имеется.

Реологические уравнения состояния

Наиболее распространены самые простые с математической точки зрения и содержащие минимальное число параметров реологические уравнения.

Уравнение Шведова–Бингама. Простейшим является уравнение Шведова–Бингама для сред при $\tau > \tau_0$:

$$\tau = \tau_0 + \eta_6 D,$$

где τ – касательное напряжение, Па; η_6 – так называемая бингамовская (пластическая) вязкость, Па·с; D – скорость деформации сдвига, с⁻¹.

При отсутствии структурной сетки $\tau_0 = 0$ и уравнение Шведова–Бингама переходит в уравнение Ньютона, а пластическая вязкость η_6 – в истинную (нормальную или ньютоновскую) вязкость жидкости η (вязкость которой независима от скорости деформации D):

$$\tau = \eta D.$$

По Шведову–Бингаму течение вязкопластичной среды начинается при $\tau > \tau_0$, а вязкость системы сразу принимает постоянное значение η_6 . Однако для большинства структурированных коллоидных систем, какими являются пластичные смазки, зависимость τ от D выражается не прямой, а кривой.

При значительных напряжениях сдвига скорость их течения начинает возрастать гораздо быстрее, чем напряжение сдвига.

Это связано с тем, что при достижении предела текучести структура разрушается не сразу, а постепенно по мере увеличения скорости деформации сдвига, и при любой скоро-

сти течения имеют место два противоположных процесса – разрушение и восстановление структуры. Равновесное состояние между этими процессами в установившемся потоке (при фиксированном значении D) характеризуется эффективной вязкостью, а такую жидкость называют неньютоновской (аномальной).

Экспериментальными данными, подтверждающими неньютоновские свойства пластичных смазок, являются, например, результаты по установлению зависимости эффективной вязкости от скорости качения (с ростом скорости эффективная вязкость убывает).

Уменьшение эффективной вязкости с увеличением скорости деформации сдвига обусловлено как геометрией частиц пластичных смазок (их анизометричностью), так и характером разрушения структурного каркаса (вторичные, и тем более первичные частицы сразу не разрушаются). Первое определяет ориентацию анизометричных частиц вдоль направления потока, при этом хаотическое направление движения частиц меняется на упорядоченное, что ведет к уменьшению вязкости. Второе определяет постепенное увеличение текучести в результате постепенного разрушения группы частиц, перемещающихся как единое целое (агрегаты или блоки) с увеличением скорости деформации сдвига.

Попытки использовать уравнение Бингама для пластичных смазок не привели к положительным результатам.

Уравнение Гершеля–Балкли. В настоящее время для описания поведения пластичных смазок используется уравнение Гершеля–Балкли [1], которое является обобщением реологических уравнений неньютоновской («степенной») жидкости Оствальда–Веяля

$$\eta = \tau/D = kD^{m-1}$$

и вязкопластичной среды Шведова–Бингама

$$\tau = \tau_0 + \Phi |D|^{m-1} D,$$

или

$$\eta = \eta_0 + \Phi D^{m-1},$$

где Φ – пластическая (структурная) вязкость, которая определяется как $\tau - \tau_0$ при $D = 1$; m – показатель нелинейности кривой течения [для пластичных смазок обычно $m < 1$; отклонение m от единицы характеризует степень отклонения свойств (вязкости) аномальной (неньютоновской) от нормальной (ньютоновской) жидкости; показатель m вычисляется по минимуму среднеквадратичного отклонения зависимости от экспериментальных данных]; η – эффективная вязкость пластичной смазки; η_0 – вязкость пластичной смазки при $D \rightarrow 0$.

В соответствии с этим уравнением напряжение сдвига на кривой установившегося течения можно представить в виде структурной (которая практически не зависит от D) и вязкой (которая полностью определяется величиной D) составляющих. Для этой модели характерны главным образом вязкоупругие свойства смазок, а эффективная вязкость монотонно уменьшается с увеличением скорости деформации сдвига в системе. На самом деле касательное напряжение стремится к предельному значению, зависящему от температуры и давления. Поэтому при высокой скорости деформации сдвига вязкостно-температурные свойства пластичных смазок обусловлены в основном вязкостно-температурными характеристиками их дисперсионных сред.

Реологическое уравнение состояния, используемое в настоящее время

Более гибкой является реологическая модель пластичных смазок [2], используемая в настоящее время, которая, по сравнению с моделью Гершеля–Балкли, содержит оба крайних значения вязкости (при $D \rightarrow \infty$ и $D = 1$):

$$\tau = \tau_0 + \Phi |D|^{m-1} D + \eta_\infty D,$$

где η_∞ – предельная (при $D \rightarrow \infty$) вязкость пластичной смазки, совпадающая с вязкостью базового масла.

Такое определение параметра η_∞ обеспечивает экспериментально наблюдаемое стремление предельной (при скорости сдвига $D \rightarrow \infty$) вязкости пластичной смазки к вязкости базового масла.

Хотя уравнение течения пластичных смазок, как известно, является не физическим, а феноменологическим законом, тем больший интерес представляет его математический вывод, исходя из следующих простых и адекватных практических соображений.

В первом и втором приближении вязкость пластичных смазок складывается из внутреннего трения дисперсионной среды и дополнительных сопротивлений, создаваемых элементами разрушающегося структурного каркаса. В этом случае уравнение должно отражать ньютоновские (вязкость не зависит от скорости деформации сдвига) и неньютоновские (зависимость вязкости от скорости деформации сдвига) свойства пластичных смазок.

Для вывода дифференциального реологического уравнения состояния пластичных смазок примем исходный (при $D = 0$) предел текучести пластичной смазки за τ_0 . Примем, что при деформировании смазки скорость изменения касательного напряжения $d\tau/dD$, которая является некой обобщенной переменной, зависящей от времени, пропорциональна вязкости дисперсионной среды (линейному члену, отражающему ньютоновские свойства смазки η_∞) и вязкости структурного каркаса (нелинейному члену, отражающему неньютоновские свойства смазки).

Допустим, что в ходе деформирования степень разрушения структуры составляет m ($0 \leq m \leq 1$). При $m = 1$ смазка представляет собой ньютоновскую жидкость, при $m \leq 1$ – неньютоновскую. Таким образом, величина m отражает степень отклонения вязкостных свойств смазки от ньютоновской жидкости.

Для простоты (поскольку другой подход в данном случае невозможен) примем, что в ходе деформирования скорость разрушения всех элементов структурного каркаса смазки одинакова. Такое предположение не повлияет на адекватность выводимого дифференциального уравнения, поскольку оно описывает суммарный процесс разрушения смазки. В этом случае скорость разрушения структурного каркаса смазки $d\tau/dD$ пропорциональна времени разрушения еще не разрушенных её элементов ($kD^{-(1-m)}$ или kD^{m-1}). Знак минус у показателя степени показывает, что количество неразрушенных структурных связей с течением времени уменьшается.

При увеличении скорости деформации сдвига в результате разрушения структурного каркаса (мицелл) смазки её пластическая (структурная) вязкость уменьшается, что и отражает уменьшение этого члена уравнения.

Исходя из этих рассуждений можно записать:

$$\frac{d\tau}{dD} = \eta_{\infty} + kD^{m-1}. \quad (1)$$

Дифференциальное уравнение (1) является обобщенной математической моделью рассматриваемого процесса. Разделяя переменные

$$d\tau = (\eta_{\infty} + kD^{m-1}) dD \quad (2)$$

и интегрируя уравнение (2), получаем

$$\tau = \eta_{\infty} D + \frac{k}{m} D^m + C, \quad (3)$$

где C – постоянная интегрирования.

Начальные условия: при $D = 0$ величина $\tau = \tau_0$, а отсюда и $C = \tau_0$. Обозначив величину k/m как Φ , получим **реологическое уравнение состояния пластичной смазки**:

$$\tau = \tau_0 + \eta_{\infty} D + \Phi D^m. \quad (m \neq 1) \quad (4)$$

Здесь Φ является пластической (структурной) вязкостью (размерность $\text{Па} \cdot \text{с}^{-m}$), которая определяется как $\tau = \tau_0$ при $D = 1$ и $\eta_{\infty} D \rightarrow 0$; η_{∞} – предельная (при $D \rightarrow \infty$) вязкость пластичной смазки, совпадающая с вязкостью базового масла.

При $m = 1$ и $\eta_{\infty} D \rightarrow 0$ уравнение (4) переходит в уравнение Шведова–Бингама: $\tau = \tau_0 + \eta_0 D$.

Для определения переменной скорости процесса $d\tau/dD$ уравнение (4) преобразуем следующим образом:

$$\tau = \tau_0 + \Phi D^{m-1} D + \eta_{\infty} D. \quad (5)$$

В уравнении (5) выражение ΦD^{m-1} выполняет функцию переменной (зависящей от D и m) эффективной скорости (размерность $\text{Па} \cdot \text{с}^{-1}$) разрушения структурных связей пластичной смазки.

Показатель m вычисляется по минимуму среднеквадратичного отклонения зависимости от экспериментальных данных. Для пластичных смазок наиболее типичны значения $0,3 < m < 0,9$.

Таким образом, выведенное уравнение (5) совпадает с реологической моделью пластичных смазок, используемой в настоящее время.

Вязкая составляющая, второй член уравнения $\Phi |D|^{m-1} D$, описывает процесс лавинного разрушения структуры (резкое понижение эффективной вязкости) и по физическому смыслу представляет собой сопротивления, вызванные относительным перемещением элементов структурного каркаса или его фрагментов.

Разделение общего напряжения сдвига на структурную и вязкую составляющую в известной мере условно. Тем не менее, оно хорошо отражает основные закономерности деформирования смазок в широком интервале скоростей деформации сдвига, для которого наблюдается вязкое течение.

Анализ уравнения (5) приводит к следующим результатам. При сравнительно низких значениях D , характерных для вискозиметрических измерений ($D \leq 10^4 \text{ с}^{-1}$), в правой части этого соотношения значимыми являются первые два члена (рис. 2). В условиях высокоскоростных упругогибродинамических контактов (при $D \approx 10^5 \div 10^7 \text{ с}^{-1}$) последний член в этом уравнении становится сопоставимым по поряд-

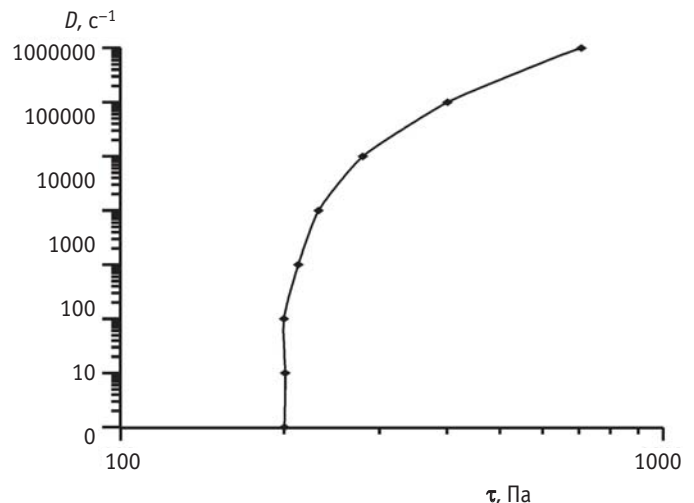


Рис. 2. Зависимость между D и τ согласно реологическому уравнению вида $\tau = \tau_0 + \Phi D^{m-1} D + \eta_{\infty} D$ ($\tau_0 = 200 \text{ Па}$; $\Phi = 2 \text{ Па} \cdot \text{с}$; $m = 0,4$; $\eta_{\infty}^{\text{кинем.}} = 5 \text{ мм}^2/\text{с}$)

ку значения со вторым членом, а величиной τ_0 можно пренебречь.

Исходя из уравнения (5) вязкость пластичной смазки

$$\eta = \eta_0 + \Phi D^{m-1} + \eta_{\infty}, \quad (6)$$

где η – эффективная вязкость пластичной смазки; η_{∞} – предельная (при $D \rightarrow \infty$) вязкость пластичной смазки, совпадающая с вязкостью базового масла; η_0 – вязкость пластичной смазки (при $D \rightarrow 0$).

Определение эффективной вязкости пластичной смазки по формуле (6) обеспечивает экспериментально наблюдаемое ее уменьшение с увеличением скорости деформации сдвига D (второй член уравнения) и стремление при скорости сдвига $D \rightarrow \infty$ к вязкости базового масла (третий член уравнения) (рис. 3).

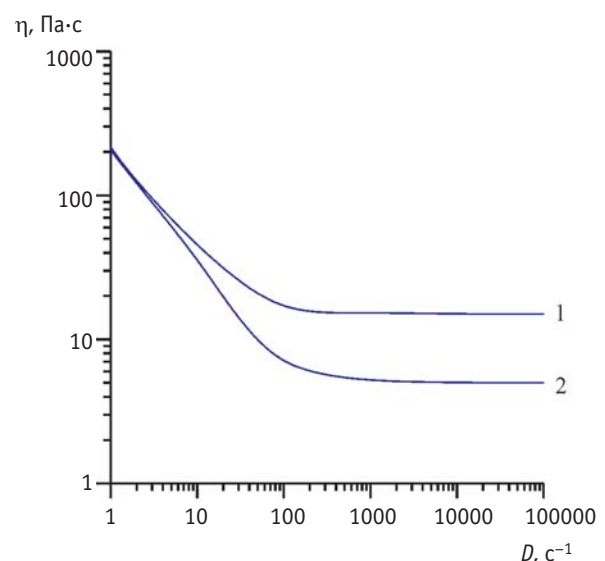


Рис. 3. Вязкостно-скоростная зависимость смазок согласно реологическому уравнению вида $\eta = \eta_0 + \Phi D^{m-1} + \eta_{\infty}$

($\tau_0 = 200 \text{ Па}$; $\Phi = 2 \text{ Па} \cdot \text{с}$; $m = 0,4$); 1 – $\eta_{\infty}^{\text{кинем.}} = 15 \text{ мм}^2/\text{с}$;

2 – $\eta_{\infty}^{\text{кинем.}} = 5 \text{ мм}^2/\text{с}$

Наклон кривой отражает влияние нелинейного члена уравнения ΦD^{m-1} .

Поскольку в упругогидродинамических контактах реализуется контактно-гидродинамический режим смазки, химический состав смазочного материала практически не влияет на толщину смазочного слоя и предельную быстроходность. Нет также принципиальных различий в поведении в скоростном подшипнике масел и пластичных смазок, приготовленных на их основе.

На практике убывание (и возрастание) эффективной вязкости пластичных смазок с увеличением (уменьшением) скорости деформации сдвига обеспечивает им большой резерв, а также благоприятную вязкостно-скоростную характеристику и, следовательно, лучшую смазочную способность в условиях вязкого течения по сравнению с маслами в широком диапазоне скоростей.

Установлено [2], что при одинаковых параметрах трения и температуре толщина пленки пластичной смазки, как правило, превышает толщину пленки ее дисперсионной среды в 1,1–3,5 раза. Однако по мере увеличения скорости движения (фактически градиента скорости сдвига D) указанная разница монотонно уменьшается. Таким образом, в широком скоростном диапазоне преобладающее влияние на толщину упругогидродинамической пленки оказывает эффективная вязкость пластичной смазки.

Их двух смазок, характеризующихся одинаковой предельной вязкостью, та, которая имеет большую пластическую вязкость, будет более предпочтительна в тех случаях, когда необходимо обеспечить стабильную работу узла трения в более широком скоростном диапазоне, однако она менее пригодна в качестве приборной смазки, где необходимо обеспечить низкие моменты трогания.

Влияние температуры на значения членов реологического уравнения различно. При понижении температуры в значении эффективной вязкости в наибольшей степени возрастает «вклад» последнего члена реологического уравнения (причем с увеличением D эта тенденция становится все более и более явной), и вязкость смазки в значительной степени определяется вязкостью ее дисперсионной среды. Вклад второго члена уравнения $\Phi |D|^{m-1} D$ возрастает в значительно меньшей степени, к тому же с увеличением скорости его значение уменьшается.

Таким образом, вязкость по уравнению (6), в отличие от принятых в нормативно-технической документации отдельных значений вязкости при одной или двух скоростях деформации сдвига, является обобщенной вязкостно-скоростной характеристикой пластичных смазок, что и определяет целесообразность включения ее в нормативно-техническую документацию на смазки.

Практические приложения реологического уравнения состояния

Одним из практических приложений реологического уравнения состояния пластичных смазок (6) является методика расчета толщины их пленки в различных режимах работы упругогидродинамических контактов [3, 4].

В этом случае для упрощения расчетов первым членом уравнения ввиду его малости пренебрегают, что вносит

погрешность, не превышающую 5%, а расхождение между расчетной и экспериментальной толщиной смазочного слоя смазок не превышает 15%.

Сущностное содержание представленных зависимостей заключается в том, что в широком диапазоне скоростей качения реология смазки является неньютоновской (эффективная вязкость зависит от скорости). Однако при достаточно высоких скоростях качения вязкость пластичной смазки становится ньютоновской, т.е. не зависит от скорости. При этом дальнейшее увеличение скорости перестает компенсироваться соответствующим снижением вязкости, что и является причиной возникновения режима «масляного голодания».

Смазочные материалы работают в высокоскоростных подшипниках качения в условиях кратковременного (микросекунды) действия высоких нагрузок. При малой продолжительности релаксации структуры успевают восстанавливаться в процессе течения даже при больших напряжениях сдвига. При чрезмерно высокой скорости характер нагружения масляной пленки подобен удару, а длительность нагружения равна или меньше длительности релаксации напряжений. В этом случае жидкость ведет себя подобно упругому твердому телу и на практике происходит разрыв смазочного слоя. Для установления нижней границы такого скоростного режима необходимо учитывать отношение транзитного времени ко времени релаксации напряжений в смазочном материале [5].

Другим практическим приложением реологической модели пластичных смазок (6) является определение их реологических параметров. Дело в том, что для пластичных смазок, предназначенных для высокоскоростных подшипников качения, определение реологических параметров при помощи традиционных вискозиметрических измерений неприемлемо, так как эффективная вязкость таких смазок существенно зависит от скоростей сдвига, при которых она определяется. В вискозиметрах (например, типа «Реотест-2») максимально достижимы скорости сдвига порядка $(10^4-10^5) \text{ с}^{-1}$, в то время как типичные значения скоростей сдвига в УГД контактах порядка $(10^6-10^7) \text{ с}^{-1}$. Экстраполяция значений вязкости в таком широком интервале скоростей сдвига не может быть проведена сколько-нибудь достоверно.

Умея прогнозировать толщину пленки пластичных смазок в упругогидродинамических контактах на основе реологической модели (6), можно решить обратную задачу – **оценить реологические параметры пластичных смазок по результатам измерения толщины смазочной пленки**. В этом случае реологические характеристики пластичных смазок, определяющие толщину смазочной пленки в узлах трения, получаются в условиях, максимально приближенных к реальным условиям работы узла трения, что определяет корректность их использования для контактно-гидродинамических расчетов толщины смазочной пленки в других узлах трения [6].

Указанный метод фактически является единственным более или менее надежным способом оценки реологических параметров, определяющих толщину смазочной пленки в скоростных упругогидродинамических контактах.

Список литературы

1. Фройштетер Г.В., Трильский К.К., Ищук Ю.Л., Ступак П.М. Реологические и теплофизические свойства пластичных смазок / Под ред. Г.В. Виноградова. – М.: Химия, 1980. – 176 с.
2. Шварцман В.Ш., Шойхет В.Х., Имерлишвили Т.В., Чхаидзе Г.Р. Толщина пленки пластичных смазок при различных режимах работы тяжело нагруженных упругодинамических контактов // Трение и износ. – 1988. – Т. 9. – № 1. – С. 129–136.
3. Дроздов Ю.Н., Широбоков В.В., Пашков А.И. // Вестник машиностроения. – 1981. – № 11. – С. 27–30.
4. Бакашвили Д.Л., Имерлишвили Т.В., Карсанидзе Н.А. и др. Прогнозирование толщины пленки пластичных смазок в упругогидродинамических контактах // Трение и износ. – 1987. – Т. 8. – № 2. – С. 236–243.
5. Коднир Д.С. Теоретические исследования и практические приложения контактной гидродинамики // Трение и износ. – 1980. – Т. 1. – № 3. – С. 453–464.
6. Бакашвили Д.Л., Имершвили Т.В., Чхаидзе Г.Р. и др. Восстановление реологических параметров смазочных материалов по результатам измерений толщины смазочной пленки в упругогидродинамическом контакте // Трение и износ. – 1986. – Т. 7. – № 5. – С. 851–858.

Mel'nikov V.G.

Rheology condition equations for GREASES

Keywords: rheology properties, structured systems, rheology, greases, effective viscosity, structural skeleton frame.

Empirical rheology condition equations used for description of consistent lubricants flow curves in a wide interval of shear rates are given. Of special interest is the mathematical derivation of flow equation for greases, considering features of their destruction, internal friction of dispersion medium and additional resistance created by elements of the destroyed structural skeleton.

Practical applications of rheology condition equations for plastic greases are listed.



II Всероссийская научная конференция

«ПЕРЕРАБОТКА УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ. КОМПЛЕКСНЫЕ РЕШЕНИЯ. ЛЕВИНТЕРСКИЕ ЧТЕНИЯ»

22–25 октября 2009 г.

Организатор: Самарский технический университет

Приглашаем принять участие в работе конференции, на которой планируется рассмотреть важнейшие достижения и перспективы развития в области технологии глубокой переработки углеводородного сырья по следующим направлениям:

- Технология глубокой переработки углеводородного сырья;
- Катализаторы и кинетика процессов нефтепереработки, газопереработки и нефтехимии;
- Оборудование процессов нефтепереработки, газопереработки и нефтехимии;
- Математическое моделирование реакционных, адсорбционных и ректификационных процессов;
- Новые информационные технологии и автоматизация технологических процессов;
- Экологические проблемы нефтепереработки, газопереработки и нефтехимии.

Место проведения конференции: база отдыха «Политехник», с размещением участников в современных домах коттеджного типа.

Секретарь оргкомитета: доцент кафедры «Химическая технология переработки нефти и газа», к.х.н. Жилкина Евгения Олеговна.

Телефон (846) 242-35-80, **E-mail:** levinter@samgtu.ru.

УДК. 620.198.8:665.7

В.П. МУРЫГИНА, канд. биологич. наук, **М.А. ГЛАДЧЕНКО**, канд. техн. наук, **С.В. КАЛЮЖНЫЙ**, д-р хим. наук (МГУ им. М.В. Ломоносова),

Е.В. МИСАТЮК, О.П. КУЗНЕЦОВ (РФЯЦ-ВНИИЭФ, г. Саров),

А.С. МИСАТЮК (РГУ нефти и газа им. И.М.Губкина),

ВАСУ АППАННА (Лаурентианский Университет, Садбери, Канада)

E-mail: vpm@enzyme.chem.msu.ru

Старение нефти в процессе ее хранения

(Продолжение, начало см. № 5, 2009)

Ключевые слова: нефть, хранение нефти, старение нефти, микроорганизмы, жизнедеятельность, биодеструкция нефти.

Изучение процессов старения нефти проходило на пилотной установке с цилиндрическими моделями, имитирующими резервуары для длительного хранения нефти. Рассматривались условия естественного и ускоренного старения нефти (марки Urals) при различной температуре хранения в неподвижных и вращающихся моделях. Наблюдения проводили в течение двух лет и отметили корреляцию активного развития микробиологических процессов (в первую очередь преднамеренно инфицированных) и ухудшение качества нефти (увеличение вязкости, плотности, изменение содержания серы и процентного перераспределения n-алканов). При естественном старении нефти наблюдались аналогичные закономерности развития микроорганизмов и ухудшения качества нефти, но несколько растянутые во времени.

Результаты исследований

Предварительные микробиологические исследования нефти марки Urals, используемой для изучения процессов естественного и ускоренного старения в различных условиях, выявило присутствие аборигенных микроорганизмов: анаэробных и аэробных бактерий, в том числе двух видов актиномицетов и грибов. Общая численность обнаруженных микроорганизмов не превышала 200 кое/мл.

Ускорение старения нефти инициировали активизацией аборигенных микроорганизмов путем добавления питательной среды или преднамеренным инфицированием части моделей микроорганизмами, предварительно выделенными из исходной нефти марки Urals-2005. Во всех моделях, с учетом температурных режимов хранения нефти, при естественном и ускоренном ее старении наблюдался рост различных групп микроорганизмов (анаэробных и аэробных: сульфатвосстанавливающих бактерий, гетеротрофных, углеводородокисляющих), причем каждая из них имела свои физиологические особенности роста и развития.

Инфицированные модели. Микробиологические анализы, регулярно проводимые в процессе хранения нефти, показали, что в инфицированных моделях при всех температурах и динамических условиях присутствуют и растут все виды микроорганизмов, внесенные в эти модели (СВБ, ГТ, УВО), и, кроме того, проявились еще железобактерии (ЖБ).

Сульфатвосстанавливающие бактерии (СВБ) (**рис. 4**) с высокой численностью обнаруживались в инфицированных моделях при 20 и 30°C хранения нефти, от начала и до конца наблюдения. Максимум их численности приходился на период хранения нефти – 2,5 месяца и снижался в среднем на один порядок к девятому месяцу наблюдений. Но через 420 суток хранения при 20°C численность СВБ возросла до 10^7 кое/мл.

В процессе хранения нефти при 10°C максимум численности СВБ наблюдался во всех инфицированных моделях через один месяц, затем численность СВБ снижалась и начиная с девятого месяца и до конца наблюдения (420 суток) СВБ не обнаруживались.

Железобактерии (ЖБ) (**рис. 5**) в исследуемых моделях были представлены главным образом в консорциумах вместе с энтеробактериями и псевдомонадами. В инфицированных вращающихся моделях общая численность ЖБ в динамике всегда была несколько выше, чем в неподвижных при всех температурах хранения нефти. Но при 20°C во вращающейся модели ЖБ обнаруживались практически постоянно от начала и до конца наблюдения, а к концу наблюдения (420 суток) их численность увеличилась на три порядка.

Гетеротрофные (ГТ) бактерии (**рис. 6**) постоянно присутствовали в неподвижных и вращающихся инфицированных моделях при трех температурах хранения нефти (10^3 – 10^7 кое/мл), снижаясь на 1–3 порядка от начала и до конца наблюдения (420 суток).

Углеводородокисляющие (УВО) бактерии (**рис. 7**) росли в инфицированных моделях (несколько лучше во вращающихся) при трех температурах хранения нефти. Интересно, что при 10°C хранения нефти в неподвижных моделях в течение первых 5,5 мес. бактерии росли даже лучше, чем при более высоких температурах. Однако через 9 мес. и до конца наблюдения эти бактерии при 10°C практически не обнаруживались. При 30°C бактерии растут лучше, чем при 20°C. При 20 и 30°C достаточно явно виден волнообразный характер роста УВО микроорганизмов, что может быть вызвано как сменой их видов в модели, так и изменением углеводородного состава нефти.

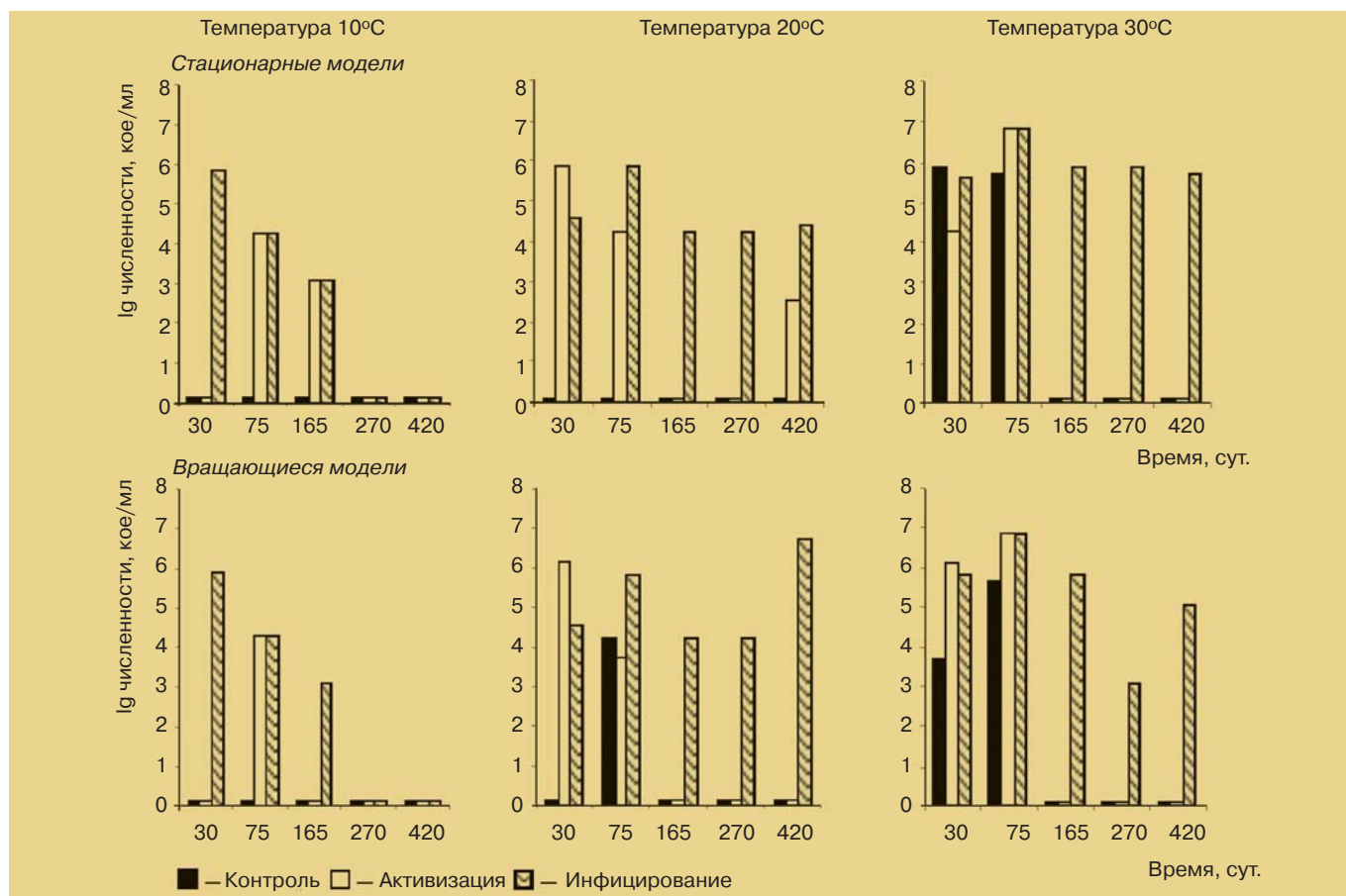


Рис. 4. Динамика численности сульфатвосстанавливающих бактерий в процессе хранения нефти в моделях (БАРТ-тесты)

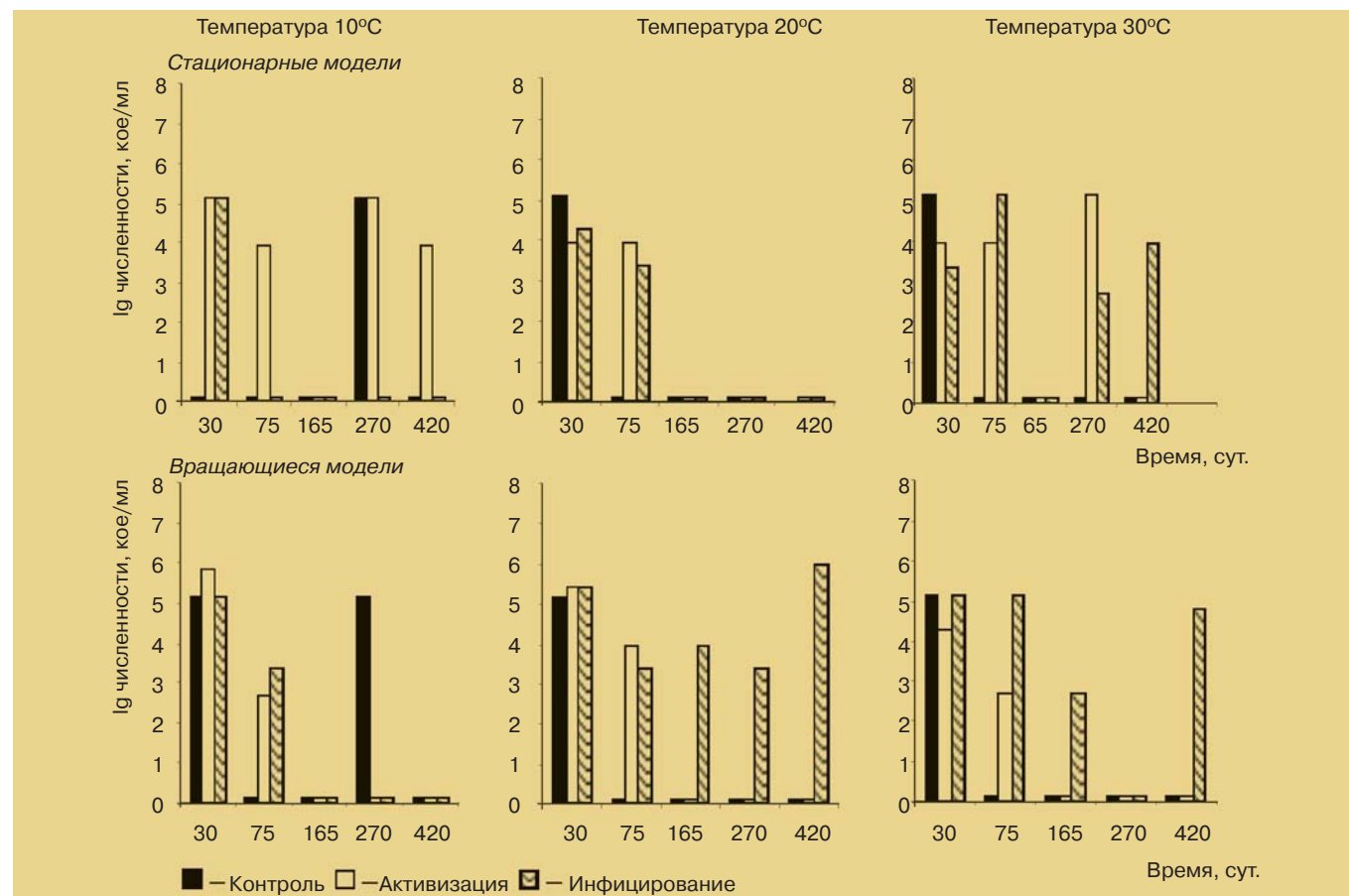


Рис. 5. Динамика численности железобактерий в процессе хранения нефти в моделях (БАРТ-тесты)

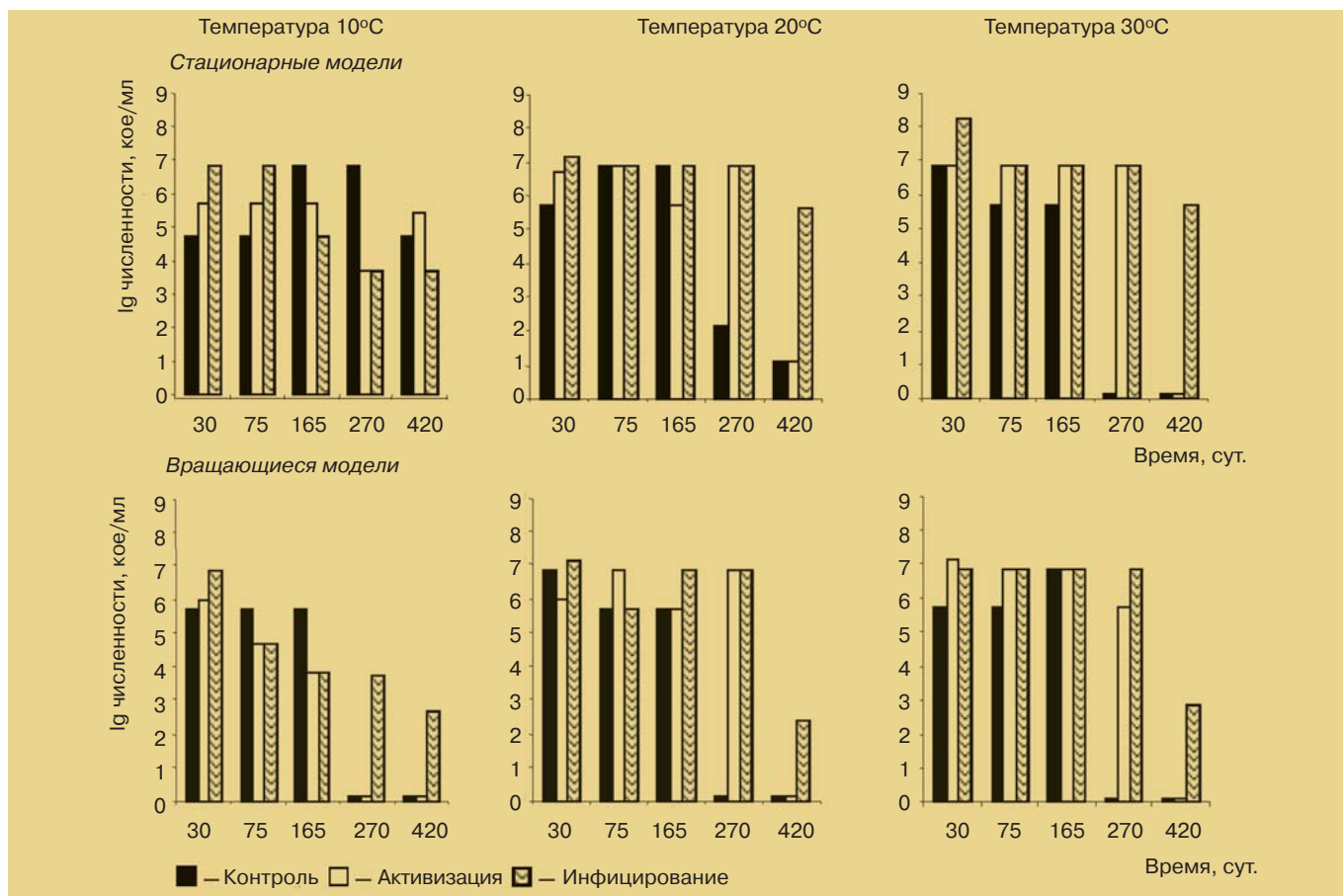


Рис. 6. Динамика численности гетеротрофных бактерий в процессе хранения нефти в моделях (БАРТ-тесты)

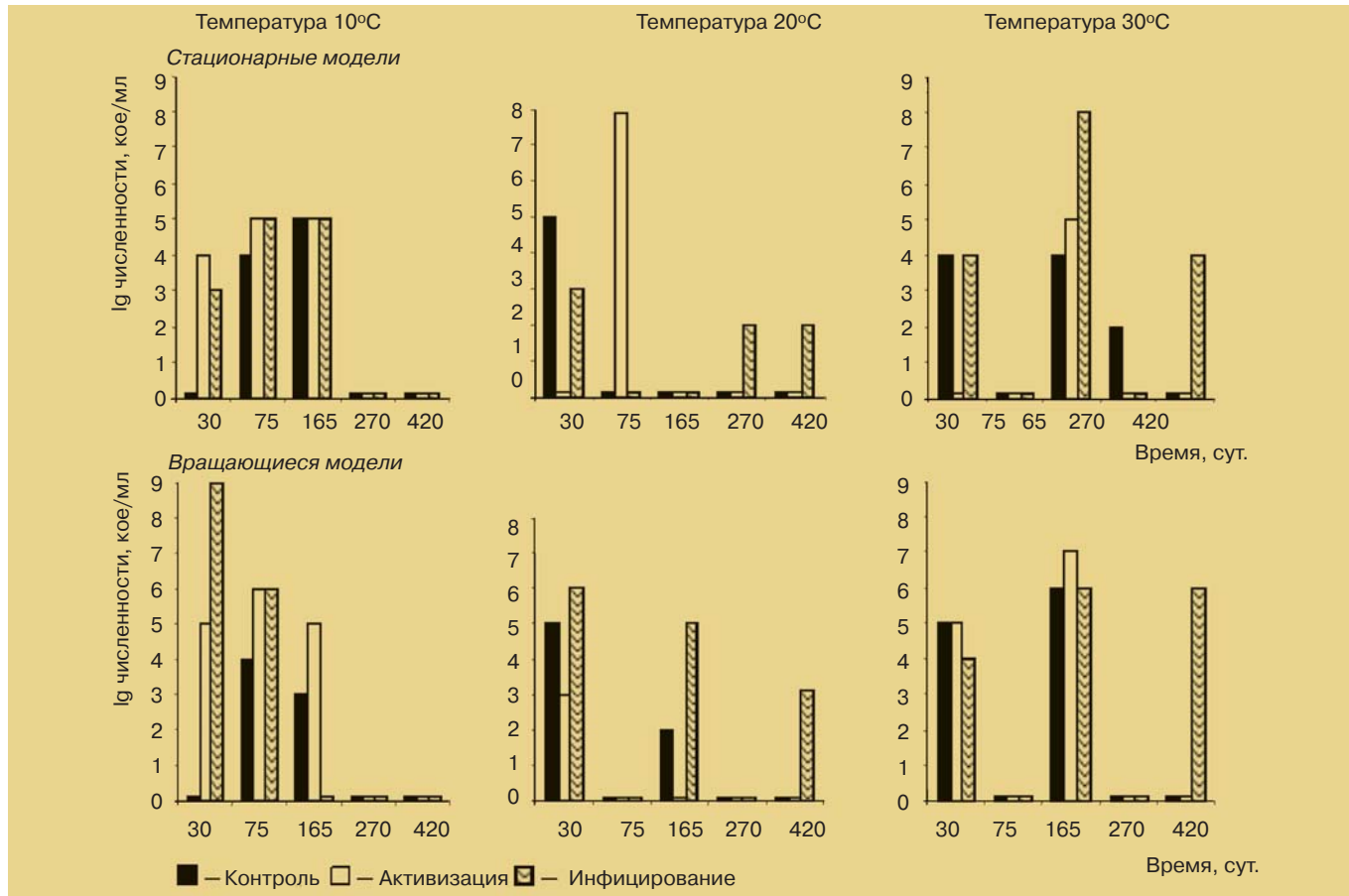


Рис. 7. Динамика численности углеводородокисляющих бактерий в процессе хранения нефти в моделях

1. Сравнение численности микроорганизмов, определенной тремя методами, после 5,5 мес. хранения нефти в различных условиях

Температура, °C	Проба	Численность микроорганизмов, кое/мл		
		по АТФ-метрии	ГТ (БАРТ-тесты). Эталон сравнения	ГТ (МПА)
10	Естественное старение			
	Неподвижная модель	2,2·10 ⁵	7,0·10 ⁶	0
	Вращающаяся модель	2,2·10 ⁵	5,0·10 ⁵	0
	Активизация			
	Неподвижная модель	7,2·10 ⁵	5,0·10 ⁵	2,3·10 ⁵
	Вращающаяся модель	1,2·10 ⁵	7,0·10 ³	0
	Инфицирование			
	Неподвижная модель	3,0·10 ⁵	5,0·10 ⁴	0
	Вращающаяся модель	2,3·10 ⁵	7,0·10 ³	4,0·10 ⁶
20	Естественное старение			
	Неподвижная модель	2,2·10 ⁵	7,0·10 ⁶	2,0·10 ⁴
	Вращающаяся модель	2,4·10 ⁵	5,0·10 ⁵	10
	Активизация			
	Неподвижная модель	1,2·10 ⁵	5,0·10 ⁵	0
	Вращающаяся модель	1,3·10 ⁵	5,0·10 ⁵	1,7·10 ⁴
	Инфицирование			
	Неподвижная модель	1,1·10 ⁵	7,0·10 ⁶	1,6·10 ⁶
	Вращающаяся модель	1,1·10 ⁵	7,0·10 ⁶	2,8·10 ⁶
30	Естественное старение			
	Неподвижная модель	2,2·10 ⁵	5,0·10 ⁵	10
	Вращающаяся модель	2,3·10 ⁵	7,0·10 ⁶	10
	Активизация			
	Неподвижная модель	1,5·10 ⁵	7,0·10 ⁶	1,0·10 ⁸
	Вращающаяся модель	2,7·10 ⁵	7,0·10 ⁶	1,0·10 ⁶
	Инфицирование			
	Неподвижная модель	2,1·10 ⁶	7,0·10 ⁶	2,0·10 ⁸
	Вращающаяся модель	2,6·10 ⁵	7,0·10 ⁶	0

Примечание. Жирным шрифтом отмечены совпадения в порядке численности микроорганизмов, определенной методом АТФ-метрии и в БАРТ-тестах.

Активизация аборигенных микроорганизмов нефти

Активизацию проводили путем введения в модели по 800 мл питательной среды Постгейта, элективной только для СВБ.

Максимальная численность этих бактерий наблюдалась во вращающихся и неподвижных моделях, при температуре хранения нефти 10 и 30°C через 2,5 месяца, а при 20°C – через месяц, причем при 30°C численность СВБ была наибольшей (почти 10⁷ кое/мл). Но через 5,5 мес. и до конца наблюдений (420 суток) эти бактерии не обнаруживались ни в одной из моделей за исключением неподвижной, в которой нефть хранилась при 20°C. Здесь наблюдали появление СВБ практически после 9 мес. отсутствия роста этих бактерий. Это означает, что цель активизации СВБ в моделях была достигнута, с одной стороны, а с другой – более продолжительный мониторинг роста СВБ в моделях, скорее всего, тоже выявил бы волнообразный характер их роста. Кроме того, введение среды Постгейта в модели привело к активизации и других видов микроорганизмов. Рост

в моделях других видов микроорганизмов, возможно, обусловлен также и тем, что ни нефть, ни сами модели не стерилизовались перед постановкой эксперимента.

ЖБ – максимальная численность этих микроорганизмов во всех моделях при трех температурных режимах хранения нефти наблюдалась через месяц от начала эксперимента и практически стремилась к нулю уже через 5,5 мес. (см. рис. 5). Однако через 9 мес. наблюдений ЖБ вновь выросли в неподвижных моделях при 10 и 30°C, а при 10°C они сохранились до конца наблюдений с численностью 10⁴ кое/мл (волнообразный рост бактерий). На основе результатов можно сделать вывод, что для ЖБ рост в неподвижных моделях был предпочтительнее.

Численность **ГТ** бактерий была высокой во всех активизированных неподвижных и вращающихся моделях и при всех температурных режимах, но самой высокой ($\approx 10^7$ кое/мл) – в моделях при 20 и 30°C (см. рис. 6). В неподвижных моделях при 10 и 20°C хранения нефти ГТ выявлялись вплоть до конца наблюдений.

Рост численности **УВО** бактерий также наблюдали при трех температурных режимах во всех моделях. При 10°C рост бактерий отмечали с первого и до 5,5 мес. (во вращающихся и в неподвижных моделях), к концу наблюдений их численность снизилась практически до нуля. При 20°C численность бактерий в неподвижной модели была максимальной (до 10^7 кое/мл) через 2,5 мес., а затем тоже снизилась до нуля. При 30°C в неподвижной модели максимальная их численность была отмечена через 5,5 мес., но была на три порядка ниже, чем при 20°C. Сходная картина численности УВО (два пика) наблюдалась во вращающейся модели при 30°C, и их максимальная численность также наблюдалась через 5,5 мес. хранения нефти.

Естественное старение нефти. При проведении эксперимента по естественному старению нефти в 1/3 часть от всех моделей не вносилась питательная среда и микроорганизмы. Пробы на анализы отбирали из нижней части моделей, проводя экстракцию нефти водой, и несмотря на это в моделях наблюдался рост тех же самых видов бактерий, что и в остальных. Это обуславливается присутствием микроорганизмов в нефти, хотя и в малой численности, а также отсутствием стерилизации моделей после их изготовления.

В процессе естественного старения нефти при 10°C, на протяжении всего периода наблюдений, в моделях не были обнаружены СВБ (см. рис. 4). При 20°C СВБ ($1,8 \cdot 10^4$ кое/мл) были обнаружены через 2,5 мес. хранения только один раз и только во вращающейся модели. При 30°C в неподвижной и вращающейся моделях СВБ обнаруживались через один и через 2,5 мес.: их численность варьировалась от $5,0 \cdot 10^3$ до $7,0 \cdot 10^5$ кое/мл соответственно. Однако через 5,5 мес. хранения нефти рост СВБ прекратился и не обнаруживался вплоть до конца наблюдений.

Во вращающейся модели при 10°C ЖБ (см. рис. 5) было два максимума роста – через один и 9 мес. хранения нефти, а в неподвижной – только один максимум роста через 9 мес. При 20 и 30°C железобактерии были обнаружены как в неподвижных, так и во вращающихся моделях только один раз, через месяц от начала эксперимента, и до конца наблюдений больше не обнаруживались.

В неподвижных моделях при 10 и 20°C ГТ (см. рис. 6) обнаруживались постоянно от начала до конца наблюдений и численность их достигала 10^7 кое/мл. При 30°C в неподвижных моделях ГТ обнаруживались до 5,5 мес. хранения, затем численность их снизилась до нуля. Такая же картина наблюдалась и во вращающихся моделях при всех исследуемых температурах.

УВО бактерии (см. рис. 7) при 10°C хранения нефти обнаруживались дважды: через 2,5 и 5,5 мес. При 20°C в неподвижной модели наблюдался максимум роста УВО бактерий через один месяц, во вращающейся – через один и 5,5 мес. При 30°C хранения нефти в неподвижной модели наблюдали три максимума роста численности УВО бактерий (через один, 5,5 и 9 мес. хранения) и только два максимума роста во вращающейся. При 20, и особенно при 30°C хорошо виден волнообразный рост УВО микроорганизмов при естественном старении нефти. Микроорганизмы УВО в моделях были представлены УВО-псевдомонадами.

Визуальный мониторинг проб жидкостей, отбираемых из нижних точек преднамеренно инфицированных моделей и

моделей (неподвижных и вращающихся), в которых активизировались аборигенные микроорганизмы, показал, что через месяц от начала эксперимента все пробы были одинаково прозрачными. Через 2,5 мес. у водных проб инфицированных моделей появился красновато-желтоватый оттенок. Это свидетельствует о начавшемся процессе коррозии стали, из которой были изготовлены модели. Пробы жидкости из моделей с активизированными аборигенными микроорганизмами длительное время оставались прозрачными, что свидетельствовало об отсутствии или очень незначительной коррозии. Однако через 5,5 мес. появилось желтое окрашивание жидких проб из этих моделей. А пробы жидкости из нижних точек преднамеренно инфицированных моделей, как статических, так и вращающихся, по-прежнему были красновато-желтоватого цвета, интенсивность которого увеличивалась с повышением температуры хранения нефти. Через 9 мес. хранения нефти при 20°C в инфицированной модели проба жидкой фазы была уже черного цвета, что говорит об очень интенсивных коррозионных процессах. Через 14 мес. хранения нефти интенсивность коррозионных процессов в опытных моделях практически осталась на прежнем уровне, если судить по цвету и окраске отобранных из моделей водных проб.

Проведенные исследования показали, что и при естественном старении нефти (без преднамеренного внесения в нее микроорганизмов), а также при активизации аборигенных микроорганизмов, присутствующих в нефти, наблюдается рост различных групп микроорганизмов при исследуемых температурах хранения нефти в течение 2,5 лет. Наиболее интенсивно численность их увеличивалась в инфицированных вращающихся моделях, затем – в моделях с активизированными аборигенными микроорганизмами, поскольку изначально нефть содержала микроорганизмы (200 кое/мл), относящиеся к различным таксономическим группам: анаэробные микроорганизмы, не относящиеся к СВБ, аэробные бактерии, два вида актиномицетов и грибов.

С течением времени интенсивность роста микроорганизмов, ранее наблюдавшаяся во вращающихся моделях, смещалась в неподвижные модели. При этом прослеживалась тенденция к интенсификации естественного старения нефти при 10°C, а также к некоторому снижению численности микроорганизмов при 30°C во всех вращающихся моделях. Полученные результаты свидетельствуют о едином характере роста микроорганизмов как аборигенных (естественное старение и активизация аборигенных микроорганизмов), так и привнесенных в модели (инфицирование) для ускорения старения нефти при трех температурах.

АТФ-метрия

Микробиологические исследования, проводимые методами посева проб на элективные жидкие и твердые питательные среды, в том числе на БАРТ-тесты, позволяют получить результаты только через 3–14 суток наблюдений. С целью ускорения процесса была предпринята попытка разработать экспресс-метод определения микробной зараженности нефти с помощью АТФ-метрии на модельных тест-микроорганизмах (*R. erythropolis* и *Pseudomonas* sp.). В качестве экстрагентов АТФ из клеток бактерий использовались

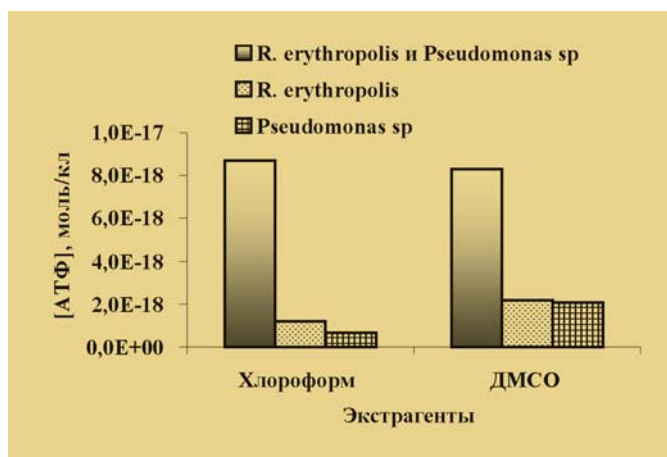


Рис. 8. Концентрация АТФ после экстракции ее хлороформом и ДМСО из клеток модельных микроорганизмов

диметилсульфоксид (ДМСО) и хлороформ, и была показана их практически одинаковая способность экстрагировать АТФ из клеток тест-микроорганизмов (рис. 8).

В результате проделанной работы было установлено, что влияние видового состава культур на концентрацию внутриклеточной АТФ практически отсутствует. Определение суммарной АТФ следует проводить в экспоненциальной и стационарной фазах роста, когда концентрация внеклеточной АТФ минимальна по сравнению с концентрацией внутриклеточной АТФ.

Применение биолюминесцентного метода измерения внутриклеточной АТФ позволяет определять численность клеток (колонии образующие единицы = кое) в диапазоне от $1,1 \cdot 10^5$ до $1,4 \cdot 10^7$ кое/мл в придонной водной фазе или водном экстракте нефти из моделей. Сравнение общей численности микроорганизмов, полученных несколькими методами исследования микробной зараженности нефти, показало, что их сходимость различалась как минимум на порядок (табл. 1).

Полученные результаты показывают, что из 18 определений общей численности микроорганизмов методом АТФ-метрии 7 показателей совпадают с полученными в БАРТ-тестах, 11 – ниже таковых. Только один показатель, полученный методом АТФ-метрии, совпадает с показателем, полученным методом посева проб из десятикратных разведений на МПА (мясо-пептонный агар), 11 – выше, 6 –

ниже. Четыре показателя общей численности микроорганизмов, определенные посевом на МПА, совпадают с данными БАРТ-тестов, 3 – превышают аналогичные показатели БАРТ-тестов, 11 – ниже, чем определенные в БАРТ-тестах. Следует учитывать также, что посев исследуемых проб на МПА выявляет в первую очередь аэробные гетеротрофные микроорганизмы, тогда как метод с использованием БАРТ-тестов выявляет и аэробные, и анаэробные бактерии. Кроме того, исследования показали, что метод АТФ-метрии для определения общей численности микроорганизмов можно применять как экспрессный (без предварительного подрачивания микроорганизмов из отобранных проб в питательной среде) с большой долей достоверности только при высокой зараженности нефти микроорганизмами. При низкой зараженности нефти требуется подрачивание проб на питательных средах, что лишает этот анализ экспрессности. Поэтому в дальнейших исследованиях от него отказались.

Продолжение статьи в № 7, 2009.

Murygina V.P., Gladchenko M.A., Kalyuzhnyy S.V., Misatyuk E.V., Misatyuk S.E., Kuznetsov O.P., Misatyuk A.S., Vasu Appanna

Ageing of oil at storage (CONTINUATION)

Keywords: crude oil, storage of oil, ageing of oil, microorganisms, life, biological degradation of oil.

Processes of crude oil ageing being studied on a pilot unit with cylindrical vessels simulating tanks for long-term storage of oil. Conditions of natural and forced ageing of Urals oil were observed at various storage temperatures in fixed and rotating models. Observations carried out within two years. Correlation found of active evolution of microbiological processes (first of all purposively infected) and deterioration of oil (increase in viscosity, density, change of sulfur content and percentage disproportionation of normal alkanes). At natural ageing of oil a similar regularity of evolution of microorganisms and deterioration of oil was discovered, yet a bit stretched in time.

Вниманию подписчиков !

Издательским центром «Техинформ» Международной академии Информатизации продолжается подписка на 2010 г. на журнал «МИР НЕФТЕПРОДУКТОВ. ВЕСТНИК НЕФТЯНЫХ КОМПАНИЙ»

Журнал предназначен для организаций и предприятий, использующих продукты нефтепереработки и нефтехимии, реализующих эти продукты, занимающихся их разработкой и производством; для служб автосервиса.

Научно-техническое полноцветное издание, 48 полос, периодичность выпуска – 10 номеров в год, цена подписки – 9000 руб.

Оформить подписку можно в редакции: по тел./факсу отдела реализации (495) 361-08-41, e-mail: tehinform_buh1@rambler.ru, neftemir@rambler.ru

Адрес редакции: 111116, Москва, ул. Авиамоторная, д. 6, оф. 125

2010

УДК 622.692.5

Д.В. ЗОТОВ (ООО «РН-Туапсенефтепродукт»,
Л.В. МАСЛЕННИКОВА, канд. экономич. наук (РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина)
E-mail: Gubkin77@yandex.ru

Роль резервуарных парков в стратегии развития морских терминалов нефтепродуктов

Ключевые слова: резервуарный парк, морские терминалы, экономический кризис, логистическое предприятие, надежность и гибкость поставок.

Россия является одним из крупнейших экспортеров нефти и нефтепродуктов на мировом рынке. В транспортной инфраструктуре экспорта углеводородов морские терминалы играют ключевую роль, так как именно через них экспортируется около 65% нефти и нефтепродуктов. Мировой экономический кризис серьезно повлиял на изменение цен на нефть и нефтепродукты. В условиях резкого падения цен на нефть неизбежно снижение объемов экспорта нефти при всевозрастающей конкуренции между предприятиями нефтяной экспортной инфраструктуры. Конкурентные преимущества предприятие может обеспечить себе путем повышения уровня сервиса экспортирующих и импортирующих компаний.

Уровень услуг морского терминала как логистического предприятия во многом зависит от объема имеющегося в его распоряжении резервуарного парка, увеличение которого позволит значительно повысить надежность и гибкость поставок нефтепродуктов. В связи с этим оценка эффективности инвестиций в развитие резервуарных парков морских терминалов нефтепродуктов, учитывающих повышение уровня сервиса и конкурентоспособность терминалов как самостоятельных предприятий транспортной инфраструктуры является актуальной задачей.

Российские компании наращивают мощности морских терминалов: «Роснефть» развивает порты в городах Туапсе и Архангельск, в преддверии запуска трубопровода Восточная Сибирь – Тихий океан (ВСТО) планирует создание новых транспортных объектов в г. Находка. Повышено внимание и со стороны правительства к совершенствованию инфраструктуры российских морских портов. Это объясняется стремлением отказаться от трубопроводного транзита нефти через государства с непредсказуемым политическим режимом. В рамках новой Федеральной целевой программы по развитию транспортной системы на период 2010–2015 гг. Минтрансом РФ разрабатываются планы по увеличению портовых мощностей. Намечается модернизация Новороссийского, Восточного и Мурманского портов. В результате модернизации, осуществляемой в настоящее время государственной компанией, «РН-Туапсенефтепродукт» станет одним из крупнейших центров России по перевалке нефтепродуктов. К 2010 г. его мощность составит 17 млн т/год, а объем резервуарного парка к 2012 г. возрастет до 55 тыс. м³. Причалные сооружения смогут пропускать ежегодно до 20 млн т нефтепродуктов, железнодорожные эстакады – до 13 млн т. Это позволит без сбоев обслуживать экспортные потоки Туапсинского НПЗ. В перспективе намечается строительство нового глубоководного комплекса, позволяющего принимать танкеры дедвейтом от 20 до 80 тыс. т и ежегодно отгружать до 10 млн т нефтепродуктов.

Как показал анализ транспортной инфраструктуры экспорта углеводородов, морские терминалы России играют в ней ключевую роль. Из 65% экспортируемых морем нефтеналивных грузов на терминал Приморска приходится приблизительно 31%, а на терминал Новороссийска – 18%.

Резервуарные парки России

Резервуарные парки для хранения нефти и нефтепродуктов являются основными и наиболее дорогостоящими сооружениями нефтебаз. Нефть и подавляющее большинство нефтепродуктов обладают специфическими свойствами, существенно влияющими на организацию процесса их хранения, в основном это высокая испаряемость и взрывоопасность, способность к электризации. Высокая испаряемость большинства сортов сырой нефти и светлых нефтепродуктов приводит к значительным потерям при их хранении. Причем потери эти не только количественные, но и качественные, так как испаряются главным образом наиболее легкие и ценные фракции горючего. Эти потери приносят компаниям большие убытки, и их сокращение является важной задачей. В большинстве резервуаров нефть и нефтепродукты хранятся под небольшим избыточным давлением (2000 Па). При эксплуатации заполненные нефтепродуктами резервуары подвержены влиянию атмосферных условий. Например, при нагревании резервуара в дневное время или снижении атмосферного давления нефтепродукты начинают интенсивно испаряться, выбрасывая избыток паров в атмосферу; при охлаждении или повышении атмосферного давления пары нефти в газовом пространстве резервуара конденсируются, в результате чего образуется разрежение и в резервуар засасывается воздух. Этот неоднократно повторяющийся процесс носит название «малые дыхания» резервуара. Существуют и «большие дыхания», когда при заполнении нефтепродуктом резервуара из него в атмосферу вытесняется паровоздушная смесь, а при опорожнении – засасывается воздух. Соотношение величины

потерь от «больших и малых дыханий» зависит от вида хранимого нефтепродукта и условий эксплуатации резервуара. При хранении темных нефтепродуктов и тяжелых нефтей эти потери незначительны, тогда как потери от хранения легкоиспаряющихся нефтепродуктов или нефтей (с потенциалом бензина 5% и более) могут быть более 2 кг в месяц с 1 м² поверхности испарения.

Для снижения этих потерь сооружают системы улавливания паров нефти и нефтепродуктов, применяют резервуары специальных конструкций и резервуары с понтоном и плавающей крышей. Выбор тех или иных конструктивных вариантов зависит от назначения резервуара и условий хранения нефти и нефтепродуктов.

В промышленности применяются стальные резервуары различного типа и объема:

- без давления – резервуары с плавающей крышей и понтоном;
- с давлением до 0,002 МПа – резервуары со стационарной крышей.

В последние годы разработаны проекты резервуаров объемом 50 и 100 тыс. м³ и проектируются более крупные. Стальные резервуары траншейного типа объемом 10 тыс. м³ рассчитаны на избыточное давление 0,007 МПа.

Наибольшее распространение в России получили наземные вертикальные цилиндрические типовые резервуары (объемом от 100 м³ до 20 тыс. м³), которые в зависимости от назначения или условий эксплуатации можно разделить на следующие типы:

- резервуары со стационарной крышей, рассчитанные на избыточное давление 0,002 МПа, с высотой стенки не более 12 м;
- резервуары с понтоном и плавающей крышей, без давления;
- резервуары, предназначенные для эксплуатации в северных районах с температурой до минус 65°C.

Расчет экономической эффективности при выборе резервуаров

При определении экономической эффективности использования различных резервуаров учитывают следующие основные факторы: *удельная металлоемкость конструкции, стоимость 1 м³ объема, затраты на сооружение, стоимость коммуникаций и компенсация стоимости территории застройки, эксплуатационные расходы.*

Один из путей повышения экономической эффективности резервуаров – увеличение высоты стенки. При этом снижается металлоемкость конструкции, уменьшается площадь застройки и, следовательно, улучшаются остальные показатели эффективности. Однако при увеличении высоты стенки до 20 м и более возрастает давление на основание резервуара, и в этом случае затраты на сооружение фундамента могут стать настолько большими, что эффективность конструкции будет сведена на нет. При этом следует помнить, что по условиям технологии изготовления резервуара высота рулонизуемой стенки в настоящее время не может быть больше 18 м. В дальнейшем, при условии наличия на площадке грунтов с высокой несущей способностью и за счет применения комбинированного способа монтажа (первый и второй пояс стенки монтируют из отдельных листов), можно увеличить

высоту стенки больших резервуаров до 20–22 м. Однако наибольшую экономическую эффективность можно получить, используя оптимальные размеры резервуарных конструкций при строительстве резервуарных парков, в этом случае установка крупных резервуаров дает ощутимую экономию. Так, при строительстве парка общей вместимостью 400 тыс. м³, применяя резервуары объемом 50 тыс. м³ вместо 20 тыс. м³, затраты снижаются на 33%.

Применение резервуаров с понтонами увеличивает расход металла на 20–25%. Несмотря на то, что при оптимальной оборачиваемости резервуара (10–12 раз в год) эти дополнительные затраты окупаются примерно за два года. Там, где позволяют климатические условия, строят резервуары с плавающими крышами. Таким образом, наиболее перспективным при сооружении резервуарных парков можно считать применение резервуаров большого объема различных конструкций и оптимальных размеров. Строительство, там, где это возможно, резервуаров с плавающими крышами и широкое внедрение понтонов из синтетических материалов позволяет снижать металлоемкость.

Широкая номенклатура резервуаров содержит большой перечень сооружений, не сопоставимых по своему назначению, поэтому сравнивать технико-экономические показатели эффективности внедрения стальных резервуаров различных типов представляется нецелесообразным. Например, не имеет смысла сравнивать между собой различные по назначению резервуары низкого и высокого давления (по величине потерь нефтепродуктов от испарения). Нельзя сравнивать резервуары с плавающей крышей и резервуары с понтоном, так как первые в среднем экономичнее на 20% из-за отсутствия лишней стационарной крыши, но каждый из резервуаров имеет свою рациональную область применения.

Например, в районах с обильным снегом или песчаными бурями не пригодны резервуары с плавающей крышей, но там где оба вида резервуаров эквивалентны по сокращению потерь, предпочтение следует отдавать резервуарам с плавающей крышей. Они более удобны в эксплуатации, при пожаротушении и ремонте.

Специфическая особенность нефтяных резервуаров с точки зрения экономической эффективности заключается в том, что большее значение имеет не экономия стали или снижение себестоимости, а стоимость сокращения потерь от испарения, которая несравненно выше. Если экономия стали или сметной стоимости составляет тысячи рублей, то экономия от сокращения потерь нефтепродукта составляет десятки или сотни тысяч. Это следует из общего количества потерь нефти и нефтепродуктов, которое оценивается в пределах 5–7% от объема добываемой нефти в стране и составляет миллионы тонн. С другой стороны, борьба с потерями нефти и нефтепродуктов с точки зрения охраны природы имеет большое социальное значение. Таким образом, экономическая эффективность от использования резервуаров должна выявляться и оцениваться путем комплексного анализа всех факторов с учетом приведенных затрат, включающих эксплуатационные расходы и стоимость потерь при хранении. При проведении анализа экономической эффективности резервуарных парков в целом учитывается стоимость территории, внутрипарковых коммуникаций и других общепарковых расходов.

Основные морские терминалы России

Рассмотрев общие характеристики морских нефтеналивных терминалов, остановимся на более детальном описании основных морских терминалов России, а именно:

- перевалочной нефтебазы (ПНБ) «Шисхарис» (г. Новороссийск);
- спецморнефтепорта Приморск (Ленинградская область);
- распределительно-перевалочного комплекса нефтепродуктов «РПК-Высоцк "Лукойл-II"»;
- терминала для перевалки светлых нефтепродуктов (г. Высоцк).

Маршруты транспортировки нефти в направлении городов Новороссийск и Туапсе – одни из самых экономичных путей поставки жидких углеводородов на внешний рынок.

В 2007 г. по этим направлениям на экспорт было поставлено 48,6 млн т, в том числе через порт г. Новороссийска – 44,2 млн т, через порт г. Туапсе – 4,4 млн т.

Перевалочная нефтебаза «Шесхарис» одна из самых крупных экспортных баз России. Это современный инженерно-технический комплекс с уникальными очистными сооружениями, глубоководными причалами, автоматизированной системой налива нефти в танкеры и ее учета. Здесь осуществляется перевалка более 50 млн т нефти в год, которая поставляется в 23 страны мира. На ПНБ «Шесхарис» сырье поступает из резервуарного парка нефтебазы «Грушовая», расположенной в 12 км и связанной с ней технологическим тоннелем. С железнодорожных эстакад этой базы нефть и нефтепродукты в вагонах-цистернах доставляются отечественным НПЗ или потребителям по железной дороге.

На Туапсинский наливной терминал экспортная нефть поступает с ПНБ «Заречье», которая находится в непосредственной близости от него. Ежегодно через эту базу проходит 9 млн т нефти. Треть этого объема отправляется на Туапсинский НПЗ, остальное сырье идет на экспорт.

Сегодня компанией «Черномортранснефть» ведется масштабная реконструкция резервуарных парков нефтебаз «Грушовая», «Тихорецкая» и «Заречье», предусматривающая замену аварийных железобетонных резервуаров на современные стальные. Только за последние пять лет на нефтебазе «Грушовая» реконструировано десять и построено четыре новых вертикальных стальных резервуара объемом по 50 тыс. м³ (РВС-50000). В 2006 г. возведено два резервуара на ПНБ «Шесхарис» и один на ПНБ «Заречье». На ПНБ «Тихорецкая» вместо демонтированных четырех железобе-

тонных построен стальной резервуар объемом 50 тыс. м³. В 2008 г. на ПНБ «Грушовая» введен в эксплуатацию резервуар РВСПК-50000, на ПНБ «Тихорецкая» реконструирован с заменой металлоконструкций РВСП-20000. В 2009 г. на ПНБ «Тихорецкая» планируется построить РВСПК-50000 с автоматической системой пожаротушения и расширить комплекс очистных сооружений ПНБ «Шесхарис».

В 2001 г. был введен в эксплуатацию Спецморнефтепорт (СМНП) Приморск (Ленинградская область), мощностью 12 млн т сырья в год, сегодня его пропускная способность достигла 74 млн т нефти в год. Этот терминал является крупнейшим среди портов Российского Северо-Запада. Полезная емкость резервуарного парка составляет 657 тыс. м³. Четыре грузовых причала общей протяженностью почти 1,4 км позволяют обрабатывать одновременно четыре танкера дедевейтом 90–150 тыс. т.

СМНП Приморск обладает современной инфраструктурой и оснащением, что соответствует международным нормам судоходства, а также отвечает самым жестким требованиям промышленной и экологической безопасности.

При возведении терминала применялись передовые технологии, материалы и оборудование. В частности, при строительстве резервуаров с плавающими крышами использовались технологии сварочного производства фирм ESAAB (Швеция) и Lincoln Electric (США) и стопроцентный радиографический и ультразвуковой контроль сварных швов. Были применены современные антикоррозионные покрытия (например, армированная стекловолокном и стеклотканью эпоксидная смола, имеющая гарантийный срок 25 лет).

Резервуарный парк непрерывно модернизируется. В настоящее время внедряются устройства для размыва донных отложений «Диоген» с дистанционной системой контроля и сигнализации СКС-07. В 2006 г. были обследованы десять РВСПК-50000, в 2010 г. планируется продиагностировать еще восемь.

Методология подбора емкостей резервуарных парков

В большинстве случаев подбор емкостей для терминалов удобнее осуществлять аналитическим путем. Для этого необходимо иметь данные по завозу и вывозу нефтепродуктов в процентах от годового оборота или в абсолютных цифрах по месяцам, декадам или неделям. Чем меньше промежуток времени завоза и вывоза, тем точнее результат подбора емкостей.

Емкость морских нефтебаз принимается как минимум равной емкости всех одновременно прибывающих нефтеналивных судов максимальной грузоподъемности. Емкость железнодорожных нефтебаз, характеризующихся более или менее равномерным поступлением нефтепродуктов, принимается с некоторым запасом, равным реализации нефтепродуктов за время двойного пробега железнодорожных маршрутов от источников снабжения до нефтебаз.

Делением расчетной емкости базы V на коэффициент использования резервуаров $k_{исп}$ получают проектную емкость.

Коэффициент использования резервуаров определяет отношение полезного объема резервуара к его общему объему. В среднем $k_{исп}$ принимают равным 0,95÷0,97, учитывая сокращение объема резервуара за счет недолива, осадка, подогревателей и т.п.



Система коммерческого учета нефти нефтеналивного терминала «Шесхарис»

Выбрав те или иные конструкции резервуаров, определяют их емкость и количество исходя из следующих условий:

- ♦ стоимость резервуаров, их монтажа и эксплуатации должна быть минимальной (это условие часто заменяют более простым: чтобы вес металла или другого материала резервуаров был наименьшим; как правило, установка резервуаров большой емкости снижает расход материала на единицу емкости, уменьшает площадь резервуарного парка, длину трубопроводов и обвалования);
- ♦ резервуары должны быть по возможности однотипными, так как это снижает расходы по монтажу и эксплуатации;
- ♦ на каждый нефтепродукт необходимо иметь не менее двух резервуаров для одновременного приема и отпуска;
- ♦ отклонение показателей при строительстве емкости от показателей, предусмотренных проектом, должно быть как можно меньше;
- ♦ при окончательном выборе емкости исходят из показателей ряда сравниваемых вариантов.

Общая емкость нефтебазы составляет часть ее годового оборота. Отношение годового оборота к установленной емкости – коэффициент оборачиваемости, характеризующий полноту использования емкости. Чем больше коэффициент оборачиваемости, тем ниже при прочих равных условиях стоимость перевалки нефтепродуктов через данную базу. Коэффициент оборачиваемости нефтебаз в большинстве случаев колеблется от 3 до 30, однако при рациональном планировании завоза и вывоза нефтепродуктов они могут быть повышены. Высокие коэффициенты оборачиваемости достигаются морским терминалом путем предъявления жестких правил к срокам отгрузки нефтепродуктов на терминал, накопления экспортных партий и подачи танкеров.

Согласно современным концепциям управления предприятием, принятие любого решения должно базироваться на анализе соотношения затрат и выгод, которые влекут за собой принятие решения. Конечной задачей любого коммерческого предприятия в условиях рыночной экономики является максимизация прибыли или, что эквивалентно, минимизация затрат при выполнении заданного объема работ при соответствующем уровне сервиса.

Морские терминалы как логистико ориентированные предприятия должны обеспечивать клиентам точность соблюдения следующих неукоснительных условий: *нефтепродукты должны быть доставлены в заданном объеме, в нужное потребителю место, в заданный срок; качество и номенклатура должны четко соответствовать условию договора; цена за перекачку продукта должна остаться неизменной*. Обеспечение высокого уровня сервиса повышает конкурентоспособность морского терминала, и в конечном счете объем его прибыли.

Сервис поставок включает четыре основных компонента:

- ♦ время поставок;
- ♦ надежность поставок;
- ♦ надежность закупок товаров у поставщиков;
- ♦ гибкость поставок.

Время поставок – период поставки продукции с момента получения заявки до момента получения потребителем заказа. Если объем запрашиваемой в заявке продукции превышает возможности предприятия при его нормальном режиме работы, то для выполнения потреби-

тельского спроса используется как запас готовой продукции, так и резервы мощностей для дополнительного выпуска продукции.

Надежность поставок. Этим понятием определяется вероятность точности исполнения заказа, что влияет на объемы хранимой на складах потребителей продукции: чем вероятность точности выполнения заказа меньше, тем большие объемы продукции должен иметь потребитель на своих складах, а это сказывается на эффективности работы его логистической системы.

В то же время надежность поставок зависит от стабильности и четкости производственного процесса, а также от готовности поставщиков к поставкам и определяется следующими показателями.

1. Показатели, связанные с количеством заказов:

- показатели степени готовности поставки;
- $СГП = \frac{\text{количество выполненных заказов}}{\text{количество полученных заказов}}$;
- количество невыполненных заказов за определенный период времени;
- количество отложенных заказов за определенный период времени.

2. Показатель степени готовности поставки, связанный с величиной спроса:

$СГПС = \frac{\text{поставленное количество продукции}}{\text{требуемое количество продукции}}$.

3. Показатель степени готовности поставки, связанный с временным периодом:

$СГПВ = \frac{\text{период времени без невыполненных заказов}}{\text{весь период времени}}$.

4. Показатель, связанный с просроченными поставками:

$ПП = \frac{\text{период запаздывания поставок}}{\text{количество полученных заказов}}$.

Надежность закупок товаров у поставщиков – это точность и состояние поставок.

Точность поставок – это поставка продукции требуемого ассортимента в определенном количестве. Если поставщик не в состоянии обеспечить поставку требуемого ассортимента продукции, он должен предложить эквивалентную замену и лишь в случае отсутствия заменителя предложить другую продукцию. Для удобства работы с потребителем на предприятиях используются экспертные системы, являющиеся частью логистической системы.

Состояние поставок определяет качество и сохранность поставляемой продукции. В большей степени это зависит от упаковки и транспортных средств.

Гибкость поставок – это состояние логистической системы поставщика с точки зрения удовлетворения запросов со стороны потребителя или возможности стыковки логистических подсистем потребителей и поставщиков. Гибкость поставок в значительной степени зависит от следующих факторов: метода получения заказа, метода его поставки и информации, поступающей от потребителей.

Этот показатель напрямую зависит от уровня и качества информационно-логистической системы. Уровень сервиса услуг морского терминала как логистического предприятия во многом зависит от объема имеющегося в его распоряжении резервуарного парка. Увеличение объема резервуарного парка позволит значительно повысить надежность и гибкость

поставок нефтепродуктов. Естественно, что строительство новых резервуаров, их эксплуатация и содержание в надлежащем техническом состоянии требует значительных затрат.

Выбор оптимальной величины суммарной емкости резервуарного парка терминала $Z_{\max}$ осуществим из условия минимума показателя $З$, который представляет собой среднее значение суммы годовых затрат на перевалку нефтепродуктов через терминал $З_3(t)dt$ и эквивалентных годовых затрат на создание резервуарного парка:

$$З = M[KB_3 + \int_0^T З_3(t)dt],$$

где M – математическое ожидание случайной величины x (объемов поставки нефтепродуктов); KB_3 – эквивалентные годовые затраты на создание резервуарного парка; T – горизонт планирования (год).

Эквивалентные годовые затраты на создание резервуарного парка KB_3 определяем по формуле

$$KB_3 = KB(Z_{\max})i(1+i)^n / [(1+i)^n - 1],$$

где $KB(Z_{\max})$ – капитальные вложения, связанные с созданием резервуарного парка; i – норма дисконта; n – срок службы резервуарного парка.

Капитальные вложения, связанные с созданием резервуарного парка, зависят от его суммарной емкости и определяются по формуле

$$KB(Z_{\max}) = KB_{\text{пост}} + KB_{Z_{\max}},$$

где $KB_{\text{пост}}$ – капитальные вложения, связанные с созданием резервуарного парка, не зависящие от его суммарной емкости; KB_Z – удельные капитальные вложения, связанные с созданием резервуарного парка.

Для определения математического ожидания суммарных годовых затрат на перевалку нефтепродуктов через терминал и эквивалентных годовых затрат на создание резервуарного парка целесообразно использовать метод статистических испытаний.

Для выбора оптимальной емкости резервуарного парка необходимо провести расчет показателя $З$ для различных значений $Z_{\max}$ и выбрать такую емкость резервуарного парка, при которой достигается минимальное значение показателя $З$.

В случае, когда функция $З(Z_{\max})$ имеет минимум, должны существовать такие значения $Z_{\max}$, при которых выполняется условие

$$\frac{d}{dZ_{\max}} M[\int_0^T З_{\text{пер}}(z(t))dt] > KB_Z i(1+i)^n / [(1+i)^n - 1].$$

При выполнении условия

$$\frac{d}{dZ_{\max}} M[\int_0^T З_{\text{пер}}(z(t))dt] = KB_Z i(1+i)^n / [(1+i)^n - 1]$$

достигается минимум показателя $З$.

При этом для всех $Z_{\max}$ выполняется условие

$$\frac{d}{dZ_{\max}} M[\int_0^T З_{\text{пер}}(z(t))dt] < KB_Z i(1+i)^n / [(1+i)^n - 1].$$

Описываемая модель была применена для решения задачи определения оптимальной емкости резервуарного парка морского терминала.

Расчеты показали, что на оптимальную емкость резервуарного парка существенное влияние оказывает количество заказов на поставку нефтепродуктов, поступающих за единицу времени, а также характер поставок – случайный, либо постоянный, периодический.

Вывод

- Анализ развития мирового, и в том числе российского рынка нефтеналивных продуктов подтверждает тенденцию роста доли экспорта продуктов нефтепереработки и нефтехимии, поэтому необходимо развитие морских терминалов России для транспортировки нефти и нефтепродуктов на мировой рынок, включая развитие и модернизацию всех элементов транспортной инфраструктуры (труба, ж/д, нефтебаза, портовая бункеровка и т.д.).

- Для обеспечения высокого уровня надежности поставок российских углеводородов на экспорт необходимо создание в транспортной инфраструктуре мощных высокотехнологичных и конкурентоспособных морских терминалов.

- Уровень сервиса морского терминала как логистического предприятия во многом зависит от объема имеющегося в его распоряжении резервуарного парка, увеличение которого позволит значительно повысить надежность и гибкость поставок российских нефтепродуктов, укрепив тем самым конкурентоспособность предприятия.

Список литературы

1. Алафинов С.В. Прогнозирование и планирование в транснациональной нефтяной компании: Принятие стратегических решений в условиях неопределенности. – М.: Дело, 1999. – 326 с.
2. Алекперов В.Ю. Вертикально интегрированные нефтяные компании России: Методология формирования и реализация. – М.: 1996. – 294 с.
3. Андреев А.Ф. Оценка эффективности и планирование проектных решений в нефтегазовой промышленности. – М.: Нефть и газ, 1997. – 276 с.
4. Андреев А.Ф., Дунаев В.Ф., Зубарева В.Д. и др. Основы проектного анализа в нефтяной и газовой промышленности. – М.: 1997.

Zotov D.V., Maslennikova L.V.

STORAGE plants within development STRATEGY of SEA oil product TERMINALS

Keywords: storage plant, sea terminals, economic crisis, reliability and flexibility of deliveries.

Sea terminals play a key role in transport infrastructure of hydrocarbons export. The world economic crisis has seriously affected prices change of crude oil and petroleum products. In conditions of sharp drop of oil price volumes of oil export inevitably decrease, with growing competition between the enterprises of oil export infrastructure. The enterprise can provide competitive advantages to itself by raising the level of service for exporting and importing companies.



Патронат
Министерство
экономического развития
Российской Федерации
Министерство
регионального развития
Российской Федерации

Официальная поддержка
Аппарат полномочного
представителя Президента
Российской Федерации
в Северо-Западном
федеральном округе



Организатор
Правительство
Мурманской области
Координатор Форума
Министерство
экономического
развития Мурманской
области

Партнеры Форума



TOTAL

StatoilHydro



МЭФ
2009

МУРМАНСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ФОРУМ

15–17 ОКТЯБРЯ



Официальный оператор



Выставочное агентство "Еврофорум"
185 000, г. Петрозаводск, ул. Анохина, 45
Тел./факс (814 2) 76-83-00, 76-87-96, 78-30-23
e-mail: euroforum@karelia.ru

УДК 665.521.9

О.Ф. ГЛАГОЛЕВА, д-р техн. наук (РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина)



КОКС НЕФТЯНОЙ

Производство сырого и прокаленного нефтяного кокса – необходимое звено в общей схеме получения углеродной продукции: анодов, электродов, конструкционных углеграфитовых материалов и т.п. – т.е. в областях наиболее квалифицированного применения кокса.

С другой стороны, коксование тяжелых нефтяных остатков – это достаточно простой и сравнительно недорогой способ углубления переработки нефти. Знание особенностей различных способов коксования, технологии как собственно коксования, так и прокаливания кокса, а также основных свойств сырых и прокаленных коксов применительно к конкретным областям их использования важно и для производителей, и для потребителей кокса.

В данном цикле лекций последовательно излагаются основные требования к коксам различного назначения, особенности разных способов коксования, вопросы подбора и подготовки сырья для получения кокса с заранее заданными свойствами, а также приводится сопоставление промышленных технологий прокаливания кокса.

Лекция 4. Прокаливание нефтяного кокса

Ключевые слова: кокс, компоненты сырья коксования, требования к сырью, структура кокса, летучие вещества, прокаливание, печи.

Прокаливание – важная стадия в общей цепочке получения нефтяного кокса для улучшения его качества и значительного повышения товарной стоимости. При прокаливании происходит перестройка и упорядочение структуры кокса, благодаря чему он из диэлектрика превращается в проводник электрического тока.

Сырой («зелёный») кусковой кокс для металлургии получают наиболее распространённым методом полупрерывного (замедленного) коксования. Вследствие особенностей этой технологии (см. лекцию 2) кокс получается весьма неоднородным по физико-химическим и механическим свойствам как по высоте, так и по диаметру коксовой камеры. Это обусловлено неоднородностью температурного режима в реакторе, разной продолжительностью нахождения кокса в зоне реакции, коллоидной неустойчивостью исходного сырья коксования (несовместимостью его компонентов) и другими факторами [1]. Кокс верхнего слоя (1,5–2 м общей его высоты) из-за малой продолжительности нахождения и вспучивания коксующейся массы за счёт усиленного газообразования обладает повышенным выходом летучих, наименьшей механической прочностью и измельчается при гидравлической выгрузке в наибольшей степени. Коксовая мелочь (частицы размером менее 8 мм) характеризуется повышенной зольностью и большим содержанием серы по сравнению с крупнокусовым коксом. К тому же применяемый на УЗК способ выгрузки кокса – гидравли-

ческим методом с помощью струй воды под большим давлением – приводит не только к измельчению кокса, но и к его высокой влажности. Нормы по выходу летучих и содержанию влаги при замедленном коксовании выдерживаются с трудом.

Основное количество выпускаемого в стране прокаленного кокса (до 80%) расходуется на выплавку алюминия. Это рядовые коксы для производства анодов и анодной массы, которые используются в электролизерах и участвуют в реакции получения алюминия из глинозема. Анодные коксы должны прокаливаться в диапазоне температур 1200–1300°C. Для конструкционных графитовых изделий, обладающих повышенной прочностью, термическая обработка кокса-наполнителя ведется в более широком температурном интервале, включая графитацию при 3000°C.

Прокаливание проводят при 1150–1350°C. Механизм прокаливания довольно сложный. Наряду с практически полным удалением влаги происходят процессы разложения недококсованных высокомолекулярных углеводородов и соединений с удалением летучих веществ. Одновременно уплотняется структура кокса, формируется его кристаллическая решетка и осуществляется частичная графитация материала. Удаление летучих веществ начинается при 400–450°C, достигая максимума при 600–800°C. В этой температурной области в основном происходит отгонка летучих и только частично деструкция с выделением водорода. При более высоких температурах сложные углеводороды разлагаются на элементарные составляющие – водород и пиролизный углерод, который откладывается в порах кокса и повышает его объемную массу. Формируется плотная структура и происходит частичная рекристаллизация вещества кокса, что приводит к повышению его истинной плотности.

1. Зависимость удельного электрического сопротивления (УЭС) и истинной плотности ($d_{и}$) нефтяного кокса от температуры прокаливания (t_n)

$t_n, ^\circ\text{C}$	$d_{и}, \text{г/см}^3$	УЭС, мкОм·м
1050	2,01	–
1100	2,02	612
1150	2,02	603
1200	2,02	603
1250	2,04	543
1300	2,07	521

В процессах прокаливания происходит усадка кокса. Степень усадки для разных коксов при одной и той же температуре прокаливания неодинакова и зависит, в частности, от содержания летучих: для нефтяных коксов, где летучих 8–10%, усадка составляет 15–20%, а для пековых с содержанием летучих около 1% – всего 4% [2]. Важно, чтобы усадка кокса полностью произошла в процессе прокаливания, так как в противном случае значительная усадка и деформация будут наблюдаться в анодах, что совершенно недопустимо.

Во время прокаливания снижается электрическое сопротивление, а также реакционная способность кокса. Эффективность прокаливания кокса в производственных условиях контролируется по удельному электрическому сопротивлению (УЭС) и истинной плотности ($d_{и}$). С повышением температуры прокаливания плотность возрастает, а сопротивление уменьшается (табл. 1). При увеличении продолжительности прокаливания истинная плотность повышается, особенно в течение первых двух часов.

Температура оказывает существенное влияние и на УЭС кокса (рис. 1). Для частиц коксов разного размера удельное сопротивление сначала резко снижается, а выше 1400°C несколько возрастает, что объясняется ростом ульт-

рапористости кокса (при этих температурах удаляются сера и другие гетероатомы кристаллической решетки).

Оптимальные условия термообработки – это сочетание температуры и продолжительности нахождения материала в зоне высоких температур.

Для производства анодной массы коксы должны иметь следующие характеристики:

- ♦ пековые – УЭС = 650 мкОм·м (max), $d_{и} = 1,99 \div 2,01 \text{ г/см}^3$;
- ♦ нефтяные – УЭС = 600 мкОм·м (max), $d_{и} = 2,02 \div 2,04 \text{ г/см}^3$.

Для производства обожженных анодов нефтяные коксы должны иметь УЭС = 550 мкОм·м (max) и $d_{и} = 2,05 \div 2,08 \text{ г/см}^3$.

При выборе температуры прокаливания следует учитывать особенности исходных коксов: коксы со стабильными плотностью, объемной усадкой и некоторые другие не нуждаются в глубоком прокаливании. Повышение температуры прокаливания увеличивает угар и уменьшает срок службы прокаточной печи.

Процесс производства анодов для алюминиевой промышленности, а также графитированных электродов, используемых для производства стали, начинается с изготовления «зеленой» массы – композиции, состоящей из кокса-наполнителя и связующего вещества.

Процесс включает следующие стадии:

- ♦ предварительное дробление и прокаливание нефтяного кокса;
- ♦ размол и рассев кокса на фракции;
- ♦ дозирование компонентов наполнителя, смешение его со связующим и формирование (прессование) заготовок;
- ♦ обжиг (спекание) заготовок.

Последние две стадии часто проводят совместно. Полученная электродная продукция должна обладать достаточной механической прочностью – 20–50 МПа. Для обеспечения необходимых механических свойств мелкие частицы кокса, прочность которых всегда выше, чем массивных кусков, скрепляют связующим веществом и получают монолит необходимой формы и прочности.

Прочность кокса закладывается на стадии собственно коксования и зависит не только от технологии, но и от качества исходного сырья. Известно, что кокс анизотропной (игольчатой) структуры, получаемой из ароматизованного дистиллятного сырья, является менее прочным, чем кокс с преобладанием изотропной составляющей. В любом случае, смешивая различные виды остаточного сырья для производства кокса необходимо обеспечивать совместимость смешиваемых компонентов и однородность (или коллоидную стабильность) сырья (см. лекцию 3). Таким образом, на стадии подготовки сырья коксования закладывается будущая структура и механические свойства кокса. Особенности технологии и способ выгрузки кокса вносят свой вклад в физико-химические и механические свойства кокса. При выгрузке кокс может быть подвергнут значительному дроблению до образования мелких пылевидных фракций (до 2,5 мм). Свою лепту в измельчение кокса вносит и внутриустановочная обработка, транспортирование, а также прокаливание. Большая роль в увеличении ресурсов электродного кокса отводится технологии прокаливания всего вырабатываемого нефтяного кокса.

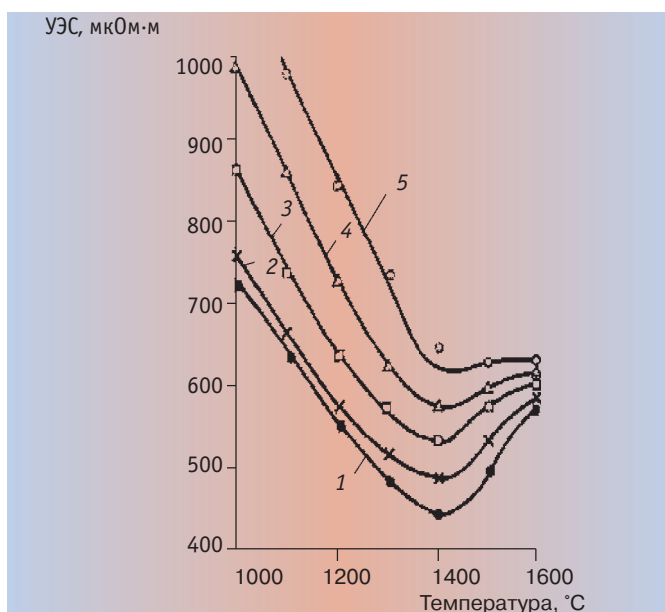


Рис. 1. Зависимость удельного электрического сопротивления кокса от температуры прокаливания для частиц разного размера:

1 – 0,5–0,4 мм; 2 – 0,4–0,315 мм; 3 – 0,31–0,2 мм; 4 – 0,2–0,125 мм; 5 – 0,12–0,08 мм

Кокс, выгружаемый из камеры, попадает на приреакторную площадку с фильтром-отстойником, затем мостовым краном перемещается к дробилкам, далее попадает на ленточный конвейер, затем в качающийся питатель и приемный бункер. После этого кокс пересыпается и складывается.

Прокаленный кокс обладает редким сочетанием физико-химических свойств, к которым относятся: высокая электропроводность, термическая и химическая стойкость в агрессивных средах, сравнительно низкий коэффициент линейного термического расширения, легкая механическая обрабатываемость, удовлетворительная прочность и упругопластические свойства.

Себестоимость прокаливания небольшая и по существу перекрывается выработкой водяного пара. Кроме того, прокаливание снижает на 30% объем перевозки кокса (что особенно важно для России), а также решает серьезную проблему смерзания сырого кокса при перевозке в зимнее время. Необходимо отметить, что прокаленный кокс – экологически безвредный продукт по сравнению с сырым, а это важно при его транспортировании, загрузке и выгрузке.

Россия имеет большой потенциал по наращиванию производства прокаленного кокса на заводах, вырабатывающих сырой нефтяной кокс, за счет строительства современных установок прокаливания и на заводах алюминиевой и электродной отрасли путем реконструкции существующих мощностей под прокаливание суммарного нефтяного кокса. Достаточно большой потенциал по наращиванию мощностей прокаливания мелкого и суммарного кокса имеет АО «Завод “Сланцы”» [3]. В перспективе можно ожидать наращивания производства в ОАО «Омский НПЗ» до 140 тыс. т/год и более, завершения строительства установки прокаливания в ООО «ЛУКОЙЛ-Волгограднефтепереработка» с ориентацией на производство 210 тыс. т/год прокаленного кокса для алюминиевой отрасли. Реконструкция установок прокаливания алюминиевых заводов под переработку суммарного нефтяного кокса может дать прирост выпуска прокаленного кокса на 150–200 тыс. т/год. Целесообразно строительство новых установок прокаливания в Урало-Волжском регионе, в ОАО «Ново-Уфимский НПЗ» (120–170 тыс. т/год) и ОАО «Новокуйбышевский НПЗ» (150–180 тыс. т/год).

Существующий ГОСТ на коксы марок КЗА не учитывает целый ряд показателей, необходимых для оценки качества кокса при производстве анодов. Одним из ключевых показателей качества коксов могут служить их объемно-структурные характеристики. Они могут выражаться через объемную (кажущуюся) плотность зерен или через их пористость, а также через насыпную плотность прокаленного кокса той или иной фракции. Объемно-структурный анализ позволяет сразу же выделить коксы с плотной структурой, пригодной для анодного производства, и не допустить легкие, пористые коксы с низкими физико-механическими свойствами. Показатель насыпной плотности более функционален, имеет высокую степень воспроизводимости и более приемлем как стандартный показатель качества кокса.

Производители и потребители кокса пришли к единому мнению о необходимости организации прокаливания кокса на НПЗ в сочетании с производством кокса замедленного

коксования. Однако в России установки по прокаливанию имеются лишь на Омском и с 2006 г. на Волгоградском НПЗ, выпускающих коксы для цветной металлургии. Другие отечественные НПЗ, располагающие мощностями по производству кокса (Новокуйбышевский, Пермский и Ново-Уфимский НПЗ), выпускают только сырые коксы, которые прокаливают либо в ОАО «Завод “Сланцы”», либо непосредственно на алюминиевых и электродных заводах.

Существуют различные типы прокалочных печей: с непосредственным контактом кокса и дымовых газов (баранные и подовые) и с передачей тепла через огнеупорную перегородку (ретортные и камерные). Каждый из типов имеет свои достоинства и недостатки. В литературных источниках есть сведения об особенностях и результатах работы прокалочных печей различной конструкции [4–8]. В настоящее время назрела необходимость обобщения и пополнения данных по прокаливанию нефтяных коксов с использованием разных технологий, их сопоставления и оценки специфики каждой из них.

В мире используется более 120 барабанных вращающихся печей (рис. 2) (из них более 70 в США). В России барабанные печи эксплуатируются на Омском, Волгоградском НПЗ, а также на НПЗ стран бывшего СССР (в Атырау, Туркменбаши и Фергане). Помимо НПЗ данный вид прокалочных печей используется на Новосибирском электродном и Красноярском алюминиевом заводах.

Камерные печи работают только в г. Сланцы. Подовые печи (в мире их около 10) используют на Красноводском НПЗ (Туркменбаши) и, наконец, ретортные имеются на Челябинском и Московском электродных заводах, а также довольно широко используются в Китае. Что касается последнего, то объем импортных закупок прокаленного кокса производства НПЗ КНР составляет в РФ более 300 тыс. т ежегодно. Учитывая, что Китай постепенно снижает экспорт прокаленного кокса из-за роста внутреннего потребления, проблема обеспечения качественными прокаленными коксами отечественных металлургических предприятий становится все более актуальной.

Сопоставление основных технологических характеристик прокалочных печей различной конструкции, а также их технико-экономических показателей приведено в табл. 2 и 3 соответственно.

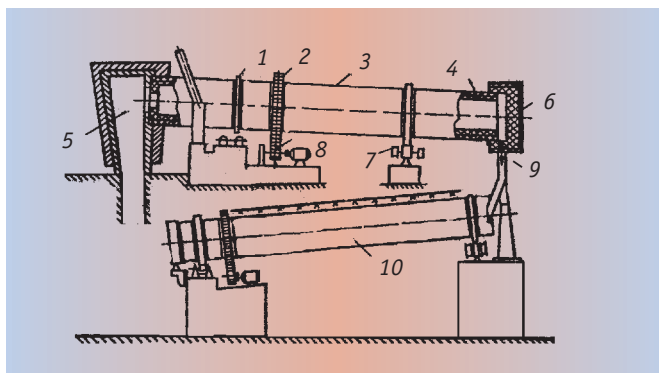


Рис. 2. Вращающаяся барабанная прокалочная печь:
1 – бандаж; 2 – венцовая шестерня; 3 – прокалочный барабан; 4 – футеровка; 5 – передняя головка; 6 – задняя головка; 7 – ролики; 8 – шестерня привода; 9 – выходное отверстие; 10 – холодильный барабан

2. Технологические показатели работы прокалочных печей различного типа

Показатель	Печи			
	барабанные	подовые	камерные	ретортные
Требования к гранулометрическому составу (размерам частиц), мм	> 25	0–250	0–250	0–250
Направление потока кокса и парогазовой смеси	Противоток	Вращение	Прямоток, противоток	Противоток
Расположение печи	Горизонтальное (наклон 0,5–2°)	Горизонтальное	Вертикальное	Горизонтальное
Вид нагрева	Прямой		Косвенный	
Среда	Окислительная		Восстановительная	
Средняя продолжительность пребывания кокса в печи, ч	4,5	4,5	12–14*	24–32
Температура, °С:				
в зоне прокаливания	1350–1400	1300–1350	1280–1330	1300–1350
в слое материала	1250–1300	1200–1250	1000–1100	1150–1200
дымовых газов	500–600	500–600	500–600	800–1000
Удельная производительность кг/м ³ ч	47–58	43–50	5–8	–
Выход прокаленного кокса, %	75–80	85–90	80–90	80–90
Угар кокса, %	До 10	3–5	До 5	До 2

* Продолжительность пребывания в зоне высоких температур.

3. Техничко-экономические показатели работы прокалочных печей

Показатель	Печи		
	барабанные	подовые	камерные
Производительность, тыс. т/год по коксу:			
сырому	140	140	140
сухому	126	126	126
прокаленному	98,3	103,3	105,8
Выход прокаленного кокса, %	78	82	84
Расходный коэффициент (по сырью*)	1,28	1,22	1,19
Капитальные затраты (условно)	100	120	200
Удельные капитальные вложения на производство прокаленного кокса, долл. США/т	102,7	116	189
Эксплуатационные затраты:			
топливо, кг/т прокаленного кокса	50	10	15
электроэнергия (условно)	100	90	140
зарплата (условно)	100	100	250
Количество водяного пара, т/т прокаленного кокса	1,7	1,2	0
Стоимость произведенного водяного пара, долл. США/т прокаленного кокса	21	14,7	0
Себестоимость прокаливания в расчете на 1 т прокаленного кокса, долл. США	31	25	37
Себестоимость прокаливания в расчете на 1 т прокаленного кокса, с учетом выработки водяного пара, долл. США	10	10,3	37

* Расход сырья (сухого кокса) на 1 т прокаленного кокса.

Следует отметить, что подовые и камерные печи способны прокаливать не только суммарный кокс, но и коксовую мелочь (куски до 8 мм). В этом случае их технико-экономические показатели по многим параметрам сходны.

Как показывают приведенные в таблицах данные, барабанные и подовые печи весьма сходны по своим характеристикам. Их удельная производительность вполне сопоставима. Камерная печь значительно уступает им по этому показателю. В то же время выход прокаленного кокса в барабанной печи наименьший из всех описанных типов печей, а расход топлива наибольший. В вертикальных печах (камерных и ретортных) по сравнению с горизонтальными кокс более равномерно распределяется и обрабатывается. Кроме того, в них отсутствует окисление кокса

(вследствие постоянной восстановительной среды), а также требуется меньше энергии для удаления дымовых газов (при одинаковом количестве обработанного кокса). По качеству кокс, прокаленный в камерной печи, имеет большую прочность. В этих печах малые частицы собираются в агломераты, в отличие от мелочи, прокаливаемой в подовых печах, где слой кокса низкий, а скорость нагрева большая.

По технико-экономическим показателям (см. табл. 3) при одинаковой производительности барабанные печи требуют меньших капитальных затрат, а также обеспечивают значительно более низкую себестоимость кокса (с учетом выработки водяного пара) по сравнению с камерными. Однако камерные печи дают больший выход прокаленного

кокса (84% против 78 и 82% в барабанных и подовых соответственно).

При использовании кокса в электродной промышленности необходима стадия прокаливания при 1100–1300°C, что позволяет упорядочить его структуру, повысить тепло- и электропроводность. Для удаления гетероэлементов, в частности серы, требуются более жесткие условия, а именно температура 1400–1600°C.

В качестве исходного сырья для получения анодов и электродов обычно используют крупную фракцию (25–200 мм) пековых и нефтяных коксов. Поскольку в таком виде коксы не могут быть использованы для прокаливания на существующих прокалочных агрегатах, их предварительно дробят в щековых или зубчатых дробилках до кусков размером 50–70 мм. При этом образуются и частицы размером менее 25 мм, количество которых значительно (до 20–30%). Основные требования, предъявляемые к печам: минимальные потери сырья от вторичных реакций в процессе прокаливания; равномерность прокаливания кусков кокса по всей массе; возможность прокаливания мелочи (до 6 мм); утилизация тепла отходящих газов и прокаленного кокса; высокая производительность. Существующие прокалочные печи лишь частично удовлетворяют указанным требованиям, и каждая из них имеет свои преимущества и недостатки. Однако наибольшее распространение получили барабанные вращающиеся печи.

Технологически процесс прокаливания нефтяного кокса (кристаллитов) является многостадийным и состоит из следующих основных этапов:

карбонизация (прокаливание при 500–1000°C) → двухмерное упорядочение (прокаливание при 1100–1300°C) → предкристаллизационная стадия (удаление и трансформация гетероэлементов при 1300–1700°C) → кристаллизация.

Карбонизация сопровождается интенсивным удалением летучих веществ, началом структурирования углеродного вещества. При этом наблюдается максимальное увеличение внутренней поверхности вещества, что сопровождается повышением химической активности кристаллитов кокса.

Двухмерное упорядочение – прокаливание при 1100–1300°C вызывает дальнейшее структурирование кристаллов углеродистого вещества, в результате чего межслоевые расстояния уменьшаются до 3,43 Å, способность к взаимодействию с активными газами становится минимальной.

Предкристаллизационная стадия характеризуется интенсивным удалением значительной части гетероэлементов, особенно серы – до десятых и сотых долей процента, независимо от ее первоначального содержания.

Увеличивается удельная поверхность и химическая активность коксов, диаметр d_n и реакционная способность.

С учетом наилучших технико-экономических показателей (в том числе возможности выработки водяного пара) предпочтение отдается технологии прокаливания кокса в барабанных печах.

В 1985 г. у фирмы «Маннесманн» (ФРГ) было закуплено оборудование для четырех установок прокаливания кокса (УПК) – разработки фирмы «Кеннеди-Ван-Саун» (США). Оборудование включало: вращающуюся горизонтальную печь барабанного типа; вращающийся холодильник с внутренней системой охлаждения с помощью распыления воды

на раскаленный кокс; печь дожига летучих и коксовой пыли. В комплект входило также различное вспомогательное оборудование. Три установки прокаливания были смонтированы и пущены на НПЗ Гурьева, Ферганы и Красноводска и остались за пределами РФ. Четвертый комплект оборудования предназначался для Волгоградского НПЗ, где предполагалось прокаливать кокс марки КНПС-3К. Однако выпуск этого кокса был прекращен, а закупленное оборудование законсервировано. Только в 2002 г. было принято решение о поэтапном введении в строй и реконструкции УПК для прокаливания рядового анодного кокса с доведением ее мощности до 280 тыс. т/год по сырью в рамках реконструкции всего коксового производства ООО «Лукойл-Волгограднефтепереработка» [9].

Ниже приведены основные требования к компонентному составу сырья УПК – сырого кокса с установки замедленного коксования, % масс.

Влага	≤ 15
Летучие	≤ 12
Зола	≤ 0,6
Сера	≤ 1,5
Частицы размером, мм:	
0–3	≤ 25
0–6	≤ 35
25–250	≤ 35
250–350	0–20

Согласно российским требованиям к гранулометрическому составу прокаленного кокса, содержание частиц размером более 6 мм должно быть не менее 30%, а менее 1 мм – не более 20%. По западным же стандартам подход к гранулометрическому составу сырья весьма подробный и строгий:

Размер частиц, мм	Содержание частиц, %
> 8	10–25
8–4	15–25
4–2	15–25
2–1	10–20
1–0,25	5–15
0,5–0,25	5–15
< 0,25	5–10

Из приведенных данных следует, что к содержанию мелких и очень мелких (пылевидных) фракций предъявляются особые требования. Этому не случайно придается такое значение. Дело в том, что именно частицы размером менее 0,25 мм полностью сгорают при прокаливании кокса. Таким образом, определив их количество, можно сразу оценить, сколько кокса неизбежно сгорит. Кроме того, при тонком расसेве кокса на фракции можно определить, в какой из них содержится больше золы, и исключить нежелательную фракцию из сырья прокалочной печи. Этот кокс можно использовать по другому назначению – например, в черной металлургии.

Важной стадией подготовки к прокаливанию является сушка кокса. Выгружаемый с помощью водяных струй кокс содержит много влаги (иногда до 20–25%). Залповый вброс влаги в прокалочную печь ведет к росту объема паровой фазы, что вызывает значительное повышение линейной скорости движения коксовых частиц и, как следствие,

приводит к их уносу. На отечественных прокалочных комплексах стадия осушки отсутствует. Между тем она необходима.

Условия процесса прокаливания нефтяных коксов зависят от свойств сырья. Малосернистые коксы обычно прокаливают при мягком режиме с целью удаления летучих (1000–1300°C, 1–24 ч). Жесткий режим (1400–1500°C, 1–2 ч) также обеспечивает удаление серы и применяется в процессе термического обессеривания коксов.

Несмотря на накопленный в мировой и отечественной практике опыт эксплуатации прокалочных печей имеется возможность повышения эффективности их работы как за счет подготовки сырья (сырого кокса), так и путем оптимизации параметров технологического режима процесса прокаливания.

Таким образом, для повышения однородности и технологичности сырья прокалочных печей необходимо по возможности отделять наиболее мелкие частицы от общей массы кокса и, кроме того, предусматривать стадию предварительной сушки кокса при 130–150°C за счет тепла дымовых газов процесса прокалики. Это позволит устранить попадание большого количества влаги в прокалочную печь, стабилизировать ее работу, повысить выход кокса за счёт снижения уноса и улучшить его качество.

Список литературы

1. **Глаголева О.Ф., Ковальчук Р.С.** Снижение неоднородности кокса замедленного коксования. Подготовка кокса к прокаливанию // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. – 2007. – № 5. – С. 18–21.
2. **Янко Э.А.** Аноды алюминиевых электролизеров. М.: Изд. дом «Руда и металлы», 2001. – 670 с.
3. **Вишнев В.Г., Боровиков Г.Н., Качан Д.М. и др.** // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2002. – № 10. – С. 12–16.
4. **Ахметов М.М., Теляшев Э.Г.** // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. – 2006. – № 4. – С. 14–15.
5. **Глаголева О.Ф.** // Химия и технология топлив и масел. – 2005. – № 3. – С. 20–23.
6. **Сюняев З.И., Ахметов М.М., Волошин Н.Д. и др.** Производство прокалённого нефтяного кокса. М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1980. – 53 с. (Тем. обзор).
7. **Гимаев Р.Н., Шипков Н.Н., Горпиненко М.С. и др.** Нефтяной игольчатый кокс. Уфа: Изд. АН РБ, БГУ, 1996. – С. 118–131.
8. **Шеррюбле В.Г., Селезнёв А.Н.** Пековый кокс в углеродной промышленности. Челябинск, 2003. – 296 с.
9. **Ковальчук Р.С., Климов Д.С., Морошкин Ю.Г., Слепокуров И.И.** // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. – 2008. – № 7. – С. 11–15.

Glagoleva O.F.

PETROLEUM COKE. LECTURE 3. COKE CALCINATION

Keywords: calcination, coke structure, resistivity, real density

These series of lectures explain basic requirements to carbon coke of different use, features of different methods of carbonisation, questions of selection and preparation of feed for getting coke with preset properties, and also a comparison of industrial production engineering of coke calcination.

Издательский центр «ТЕХИНФОРМ» Международной академии Информатизации ПРЕДЛАГАЕТ

Энциклопедический толковый словарь-справочник (736 стр.)

ГОРЮЧИЕ, СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Термины, определения, толкования (под редакцией Школьников В.М.)

Общедоступное энциклопедическое издание, имеющее справочно-терминологический характер, предназначенное для широкого круга читателей.

Определения и толкования терминов изложены на основе российских и зарубежных стандартов, а также сведений, приведенных в универсальных и отраслевых энциклопедиях и словарях.

Описаны свойства топлив, масел, смазок, присадок, специальных жидкостей и других продуктов нефтепереработки и нефтехимии, методы их испытания и контроля качества (отечественные и зарубежные), включая приборное обеспечение, даны сведения об особенностях их применения.

Энциклопедию дополняют справочные Приложения.

Оформить подписку можно:

в редакции (гибкая система скидок)
адрес: Россия, 111116, Москва, ул. Авиамоторная, д. 6, оф. 125,
тел./факс отдела реализации (495) 361-0841, 361-2350
e-mail: tehinform_buh1@rambler.ru;

или в ОАО «Агентство “Роспечать”»
подписной индекс 36445 в
каталоге «Газеты и журналы»

Мы входим в Интернет



РЕАКТИВНОЕ ТОПЛИВО



[//www.taifnk.ru/](http://www.taifnk.ru/) ОАО «ТАИФ-НК» успешно прошло испытания и сертификацию топлива для реактивных двигателей. Топливо для реактивных двигателей марки РТ производства ОАО «ТАИФ-НК» успешно прошло испытания и получило сертификат соответствия всем требованиям, предъявляемым к топливу высшей категории. В 2007 г. в ОАО «ТАИФ-НК» был успешно проведен сертификационный аудит интегрированной системы менеджмента ОАО «ТАИФ-НК» на соответствие требованиям международного стандарта AS 9100 (Авиация и космонавтика). Заявленная на сертификацию область деятельности: «Производство, хранение и отгрузка авиационных топлив».

В мае 2009 г., после успешного прохождения летных испытаний, топливо для реактивных двигателей марки РТ производства ОАО «ТАИФ-НК» получило сертификат, подтверждающий его соответствие всем требованиям, предъявляемым к топливу высшей категории. Данный сертификат позволяет производить реализацию реактивного топлива производства ОАО «ТАИФ-НК» широкому кругу потребителей РФ. Оценку качества реактивного топлива ОАО «ТАИФ-НК» проводили авторитетные в России эксперты центра сертификации авиационных горюче-смазочных материалов и спецжидкостей ФГУП ГосНИИ ГА.

Реактивное топливо в ОАО «ТАИФ-НК» производится на высокотехнологическом современном оборудовании. Показатели качества реактивного топлива гарантируют безопасное движение авиатранспорта. Проектная мощность установок по производству реактивного топлива составляет 600 тыс. т/год. В течение 2009 г. ОАО «ТАИФ-НК» планирует значительно увеличить доли продаж реактивного топлива на рынке РФ. В дальнейших задачах ОАО «ТАИФ-НК» освоение выпуска реактивного топлива Jet A-1.

РИАНОВОСТИ [//www.rian.ru/](http://www.rian.ru/)

«Объединенная нефтяная группа» начала промышленный выпуск авиакеросина. Расположенный в Краснодарском крае Афицкий НПЗ «Объединенной нефтяной группы» (ОНГ) в 2009 г. начал промышленное производство авиационного керосина. В январе 2009 г. Афицкий НПЗ произвел 6 тыс. т авиакеросина, по необходимости объемы производства могут быть существенно увеличены. Производство авиационного керосина стало возможным после

модернизации Афицкого НПЗ, совокупные затраты на которую превысили 1,3 млрд руб.

Авиакеросин получил все необходимые сертификаты НИИ Министерства энергетики, Минобороны и Минтранса России, а также прошел испытания в летных условиях. ОНГ получила разрешение Федерального агентства воздушного транспорта на применение производимого авиакеросина на гражданской авиатехнике в европейской части России без каких-либо ограничений.

В настоящее время группа поставляет авиакеросин в аэропорт Краснодара, в ближайшем будущем планирует начать поставки в аэропорты Сочи и Анапы.

ОНГ планирует к 2012 г. завершить модернизацию Афицкого НПЗ. В результате перерабатывающая мощность завода будет увеличена с 3,2 до 3,5 млн т/год. После модернизации НПЗ расширит гамму производимых нефтепродуктов и начнет выпуск бензинов и дизельного топлива по стандартам Евро-4 и -5, а также бункеровочное топливо и кокс.

REGNUM

[//www.regnum.ru/](http://www.regnum.ru/)
Коми УФАС России

взяло под контроль цены на авиакеросин. Управление Федеральной антимонопольной службы по Республике Коми (Коми УФАС России) берет под особый контроль сферу ценообразования на рынке авиационного керосина в регионе. Единственный в республике производитель топлива для летательных аппаратов ООО «ЛУКОЙЛ-Ухтанефтепереработка» и основной поставщик – московское ООО «ЛУКОЙЛ-АЭРО» – обязаны до 2011 г. согласовывать свою ценовую политику с региональным антимонопольным органом, сообщили корреспонденту ИА REGNUM в пресс-службе Коми УФАС России.

Решение об этом приняло Коми УФАС России в рамках предписания ООО «ЛУКОЙЛ-АЭРО» и ООО «ЛУКОЙЛ-Ухтанефтепереработка» о прекращении нарушения статьи 10 Федерального закона «О защите конкуренции», выразившегося в установлении и поддержании в мае и июне 2008 г. монопольно высокой оптово-отпускной цены на авиакеросин. Компании были признаны виновными в нарушении антимонопольного законодательства.

Согласно выданному компаниям предписанию, ООО «ЛУКОЙЛ-Ухтанефтепереработка» обязано согласовать с Коми УФАС России расчет цены на авиакеросин, поставляемый в адрес ООО «ЛУКОЙЛ-АЭРО», а последнее расчет цены реализации авиакеросина отдельно по каждому аэропорту в Республике Коми. Расчет цены не должен превышать сумму необходимых для производства и реализации такого товара расходов и прибыли (с учетом НДС).

В случае, если в период 2009 и 2010 гг. компании повысят оптово-отпускные цены на авиакеросин, они обязаны информировать об этом Коми УФАС России и представить доказательства обоснованности такого повышения.

проект РИА ФедералПресс
Бизнес
biz.urala.ru

<http://www.fedpress.ru/>
**«ЛУКОЙЛ» гарантирует
100%-ную надежность
авиационного топлива.**
Нефтяная компания
«ЛУКОЙЛ» осознает свою

ответственность по обеспечению безопасности авиаперевозок и гарантирует 100%-ную надежность авиационного топлива, которое она поставляет авиакомпаниям. Об этом сообщили в пресс-службе ОАО «ЛУКОЙЛ».

Вопросы к качеству топлива возникли у Федерального агентства воздушного транспорта, которое на несколько часов приостановило заправку воздушных судов топливом «ЛУКОЙЛ-АЭРО-Пермь» в пермском аэропорту «Большое Савино» в связи с инцидентом, произошедшим 19 июня 2009 г., когда на самолете Ту-204 авиакомпании Red Wings сработала сигнализация засорения топливных фильтров. В связи с этим комиссия ГосНИИ ГА провела отбор проб и проверку топлива на технологических объектах «ЛУКОЙЛ-АЭРО» в аэропорту «Большое Савино». В акте комиссии, в частности, указывается, что на первом этапе проверки оценка уровня чистоты авиакеросина проводилась визуальным методом и при помощи индикаторов качества топлива. Предварительная оценка показала полное соответствие топлива отраслевому нормативу. Для дальнейшего исследования пробы авиакеросина были опломбированы и отправлены в лабораторию ГосНИИ ГА.

В нефтяной компании «ЛУКОЙЛ» уверены, что повторная экспертиза подтвердит соответствие характеристик топлива требованиям ГОСТ 10227-86 и Технического регламента. Кроме того, пресс-служба ОАО «ЛУКОЙЛ» сообщает, что в заключении ГосНИИ ГА № 58-2009/ЦС ГСМ, которое проводило исследование проб топлива, взятых 26 мая 2009 г. из технологических объектов ООО «ЛУКОЙЛ-АЭРО-Пермь», однозначно указывается, что замечания к качеству топлива отсутствуют.

Указанная проверка проводилась в связи с аварийной посадкой в аэропорту Краснодара самолета Ту-204 авиакомпании Red Wings, выполнявшего рейс Пермь-Анталья (Турция) 24 мая 2009 г. Причина посадки – срабатывание сигнализации засорения топливных фильтров.

«Физико-химические показатели топлива соответствуют требованиям ГОСТ 10227-86 и Техническому регламенту «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и топочному мазуту». Примесей органического характера и продуктов химического превращения топлива не обнаружено», – говорится в заключении ГосНИИ ГА № 58-2009/ЦС ГСМ. Между тем вопросы могут возникнуть к производителю двигателей ПС-90 для самолетов Ту-204 авиакомпании Red Wings – ОАО «Пермский моторный завод», поскольку инциденты с самолетами Red Wings, на которых установлены пермские двигатели, начиная с апреля 2009 г. происходят ежемесячно.

Uzbekistan Today

<http://www.ut.uz/rus/newsline/> **Реактивное топливо Узбекистана.** До конца 2009 г. Бухарский НПЗ приступит к производству нового для Узбекистана вида авиационного топлива Jet A-1.

Как сообщил директор НПЗ Шамшиддинходжа Сайдахмедов, в течение прошлого года на заводе была проведена работа по разделению технологических коммуникаций производимого на заводе авиакеросина ТС-1 и линии по выпуску Jet A-1. Сегодня завод полностью готов к производству нового топлива, подготовлена первая промышленная партия.

Топливо новой марки будет первоначально поставляться на внутренний рынок, а в последующем планируются экспортные поставки. Новый вид авиатоплива будет производиться одновременно с авиакеросином ТС-1. Сроки начала промышленного производства топлива будут зависеть от того, насколько оперативно сможет перейти на его потребление Национальная авиакомпания «Узбекистон хаво йуллари» – основной потребитель Jet A-1 на внутреннем рынке. Как сообщалось ранее, авиакомпания уже приступила к реализации программы по переходу на реактивное авиатопливо, в рамках которой будет осуществлено переоснащение технологического оборудования складов ГСМ для приема, хранения и заправки воздушных судов. Также необходимо оснащение лабораторий ГСМ приборами, позволяющими производить контроль качества по стандарту ASTM, и обучение персонала лабораторий работе на новых приборах. Отметим, что на Бухарском НПЗ, введенном в строй в августе 1997 г., выпускаются высококачественные виды бензина, авиакеросина и дизельного топлива. Проектная мощность переработки – 2,5 млн т газового конденсата в год.

<http://www.trans-port.com.ua/>. **Динамика мировых цен на реактивное авиатопливо по состоянию на 10.04.2009 г.**

	Удельный вес в цене, %	цент/галлон	долл./баррель	долл./т	Изменение, %		
					за неделю	за месяц	за год
Мировая цена	100	145,8	61,2	482,6	-0,1	+25,3	-57,8
АТР	22	147,1	61,8	488,1	+1,8	+25,2	-56,1
Европа и СНГ	28	145,7	61,2	482,3	-0,3	+21,5	-59,3
Ближний Восток и Африка	7	142,5	59,9	472,3	+1,4	+26,0	-58,1
Северная Америка	39	144,9	60,9	480,3	-1,3	+27,6	-57,8
Южная и Центральная Америка	4	153,1	64,3	495,2	-0,8	+30,8	-55,1

FuelAlternative
Топливный портал: события, данные, котировки

<http://www.fuelalternative.com.ua/> **В Орландо (США) испытывают реактивное топливо на основе растительного масла.** В 2007 г. пилот Даг Роданте совершил первый полет на реактивном самолете, заправленном топливом на основе растительного масла. В этом году пилот надеется совершить полет на таком топливе по всей стране, а может, и по всему миру. Даг Роданте говорит, что он работает над вопросом об использовании «зеленого» топлива в самолетах, чтобы помочь сократить выброс парниковых газов. Он начал кампанию под названием Green Flight International, чтобы привлечь внимание общественности к применению альтернативного топлива. Роданте и базирующаяся в Неваде Biodiesel Solutions приняли решение совместно провести полет, используя в качестве топлива 100%-ный биодизель. Даг Роданте и его напарник – пилот Карлос Шугарс – пролетели 100 миль вокруг Рено, шт. Невада, в течение 37 мин.

МЕМОРАНДУМ

Об итогах II Международного промышленно–экономического форума «СТРАТЕГИЯ ОБЪЕДИНЕНИЯ»: «РЕШЕНИЕ АКТУАЛЬНЫХ ЗАДАЧ НЕФТЕГАЗОВОГО И НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСОВ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ»

21–22 мая 2009 г.



Организатор Форума: ОАО «ВНИПинефть»

при поддержке:

Правительства Москвы; РСПП; Ассоциации нефтепереработчиков и нефтехимиков; Российского Союза Химиков; Союза нефтегазопромышленников России; Ассоциации Строителей России; ИНХС им. А.В.Топчиева РАН; Московского государственного университета инженерной экологии; Химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова; ОАО «Московский НПЗ»; ОАО «ВНИИ НП»

Участники Международного Форума отметили, что сегодня перед отечественными компаниями стоят масштабные задачи по модернизации российской нефтепереработки и нефтехимии.

В Минпромэнерго России разрабатывается генеральная схема развития отрасли на период до 2020 г., в рамках которой планируется сориентировать нефтяной комплекс на переработку углеводородного сырья внутри страны.

Основные задачи, стоящие перед нефтяным комплексом:

- ♦ разработка программы по обеспечению выполнения требований технического регламента;
- ♦ стимулирование строительства объектов глубокой переработки нефти и нефтехимии;
- ♦ продолжение проектирования утвержденных комплексов глубокой переработки нефти и нефтехимии;
- ♦ увеличение доли российских компаний в модернизации глубокой нефтепереработки и нефтехимии и поддержке российских ученых и проектировщиков;
- ♦ усиление роли государства в поддержке строительства и модернизации объектов глубокой переработки;
- ♦ повышение экологической безопасности территории и населения при добыче, переработке нефти и использовании нефтепродуктов.

Участники Международного форума выражают консолидированную позицию рекомендовать:

1. Правительству Российской Федерации:

- ♦ всемерно способствовать завершению переориентации сырьевого вектора развития нефтяного комплекса на переработку сырья внутри страны, доведя к 2020 г. уровень потребления нефтепродуктов на душу населения до 1,6 т (сегодня – 0,8 т);
- ♦ способствовать обеспечению приоритетной загрузки российских нефтеперерабатывающих и нефтехимических мощностей углеводородным сырьем;
- ♦ рассматривать как перспективное направление при строительстве НПЗ частно-государственное партнерство по отношению к крупнейшему сегменту российской экономики, состоящему из цепочки нефтедобывающего, нефтеперерабатывающего, нефтехимического комплексов;
- ♦ считать приоритетной задачей в стратегии развития экономики страны строительство современных нефтепере-

рабатывающих и нефтехимических предприятий в приморских зонах (Дальний Восток, Запад–Балтика, Север–Мурманск, Юг–Новороссийск и другие), с развитой транспортной логистикой, учитывая, что самым дешевым видом транспорта является водный;

- ♦ оказать государственную поддержку в увеличении доли российских компаний при строительстве новых и реконструкции действующих нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий;

- ♦ создать систему государственных заказов научно-исследовательским и проектным институтам на разработку стратегических передовых инженерных решений и нанотехнологий;

- ♦ в целях расширения импортозамещения оказать государственную поддержку развитию собственных производств катализаторов и присадок к моторным топливам и маслам, химикатов, изделий из нефтехимического сырья.

2. Минэнерго России:

- ♦ обратиться в Правительство Российской Федерации о принятии на государственном уровне предложения по ослаблению налоговой нагрузки на промышленные и научные организации, включая снижение размера НДС, налогов на прибыль, в качестве решающей меры по стимулированию инвестиций непосредственно в реальную экономику;

- ♦ в рамках корректировки Энергетической стратегии до 2020 г. и пролонгации ее до 2030 г. разработать Федеральную целевую программу по модернизации действующих и строительству нефтеперерабатывающих производств, в целях безусловного выполнения заданий и сроков перехода на выпуск продукции европейского качества, установленных техническим регламентом «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и топочному мазуту». Создать независимый от нефтяных компаний орган, наделенный широкими полномочиями и призванный контролировать выполнение этой программы;

- ♦ национальной программой предусмотреть государственную финансовую поддержку отраслевым научно-исследовательским и проектным институтам, контрольный пакет которых находится в федеральной собственности;

- ♦ разработать меры по установлению приоритета генерального проектирования на проектные работы и генераль-

ного подряда на поставку оборудования для крупных российских инжиниринговых компаний при реализации проектов с государственным капиталом.

3. Нефтяным компаниям:

- ♦ рассмотреть вопрос об экономической целесообразности перехода производственно-сбытовой деятельности НПЗ на беспроцессинговую схему;
- ♦ обратить внимание на необходимость внедрения на предприятиях нефтепереработки и нефтехимии перспективных современных отечественных технологий, обеспечивающих энергосбережение и улучшающих экологию регионов;
- ♦ шире сотрудничать с отечественными производителями технологического оборудования для предприятий нефтепереработки и нефтехимии.

4. Меры, требующие оперативного решения:

- ♦ продолжить работу над проектами Федеральных законов «Об использовании альтернативных видов моторного топлива» и «О внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ по вопросам эффективного использования нефтяного (попутного) газа», чтобы в текущем году они были окончательно рассмотрены Государственной Думой ФС РФ. Принятие указанных законов создаст благоприятные нормативно-правовые условия для расширения сферы применения альтернативного топлива, развития комплексной переработки минерально-сырьевых ресурсов, успешной реализации Государственной программы по утилизации попутных нефтяных газов, направленной на увеличение выпуска продуктов переработки ПНГ, экономию средств бюджета всех уровней, а также снижение вредных выбросов в атмосферу;
- ♦ приступить к разработке и утвердить в установленном порядке технические регламенты для автозаправочных станций (в том числе АГЗС, АГНКС, МАЗС, ТЗК) и объектов газораспределения и газопотребления, работающих на СУГ;
- ♦ внести изменения, связанные с таможенным оформлением, в том числе отменить привязку экспортной пошлины на СУГ к экспортной пошлине на нефтепродукты;
- ♦ внести изменения в главу 28 «Транспортный налог» части второй Налогового кодекса РФ в части уменьшения в два раза налоговых ставок при использовании транспортными средствами газомоторного топлива;
- ♦ внести изменения в главу 30 «Налог на имущество организаций» части второй Налогового кодекса РФ в части освобождения от налогообложения имущества организаций, включая производственное оборудование и транспортные средства, используемые для хранения, транспортировки, слива и налива (перевалки) СУГ, а также транспортных средств и оборудования котельных установок, использующих в качестве топлива СУГ;
- ♦ внести изменения в главу 26.3. «Система налогообложения в виде единого налога на вмененный доход для отдельных видов деятельности» части второй Налогового кодекса РФ, а именно, разрешить предприятиям малого и среднего бизнеса применять с 01 января 2010 г. единый налог на вмененный доход в отношении предпринимательской деятельности по розничной реализации газа через автогазозаправочные и многотопливные заправочные станции. При этом для исчисления единого налога на вмененный доход по данному виду деятельности применять физи-

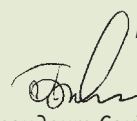
ческий показатель «Газовый заправочный пистолет (выводной трубопровод) на топливораздаточной колонке (установке)» и базовую доходность в размере 45 тыс. руб. в месяц с каждого газового заправочного пистолета на топливораздаточной колонке;

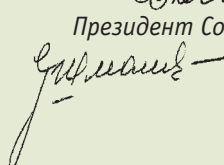
- ♦ ввести уведомительный порядок возмещения налога на добавленную стоимость при представлении в налоговый орган поручительства банка или банковской гарантии;
- ♦ отсрочить ранее принятое решение о понижении цен на природный газ, тарифов на электроэнергию и перевозку железнодорожным транспортом. Это позволит избежать банкротства и повысить ценовую конкурентоспособность стратегически важных производств;
- ♦ снизить ставки рефинансирования и банковского кредитования на финансовые ресурсы, выделяемые государством для поддержки реального сектора экономики;
- ♦ оперативно принять решение о резком уменьшении пошлин на экспортируемую продукцию, что будет способствовать сохранению потенциала на внешнем рынке;
- ♦ ввести заградительные пошлины на отдельные виды импортируемой продукции, для производства которой в стране имеются возможности, используя и нетарифные ограничения;
- ♦ при выделении кредитов зарубежным фирмам и странам оговаривать поставки продукции отечественного производителя (связанные кредиты);
- ♦ обеспечить адресное выделение кредитов или других форм финансовой поддержки для решения следующих задач – завершения строительства стратегически важных для перспективного развития объектов, обеспечения функционирования градообразующих предприятий, имеющих социальную значимость;
- ♦ в целях расширения спроса оперативно решить вопросы с порядком формирования госзаказа и резервов с максимальным использованием продукции отечественного производства в местах постоянного проживания населения, отдавая предпочтение маркам топлив с улучшенными экологическими показателями.

Для снижения вредного воздействия автомобильного транспорта на загрязнение окружающей среды и риска заболевания населения в регионах с насыщенным автомобильным парком считать целесообразным предоставить право субъектам РФ вводить экологические требования к качеству автомобильных топлив в более ранние сроки, чем предусмотрено Техническим регламентом по топливам.

От имени участников Международного Форума
Члены оргкомитета:

 Генеральный директор ОАО «ВНИПинефть»
В.М. Канустин

 Президент Российского союза химиков
В.П. Иванов

 Президент Союза нефтегазопромышленников России
Г.И. Шмаль

Ежегодная конференция «ТОПЛИВО И ЭКОЛОГИЯ–2009»

19–20 мая 2009 г. в ГК «Измайлово» (Москва) прошла очередная конференция «Топливо и экология – 2009», организованная ООО «Газсертэк». Компания «Газсертэк» была образована в 2007 г., объединив в своем составе высококвалифицированных специалистов-экспертов в области технологии процессов подготовки и переработки углеводородных газов, а также производства элементарной серы, промышленной и санитарной очистки газов.

На конференции были рассмотрены темы, связанные с добычей и переработкой углеводородного сырья:

- ♦ подготовка и переработка попутных газов нефтяных и газоконденсатных месторождений;
- ♦ мировые тенденции производства экологически чистых топлив на НПЗ;
- ♦ современные природоохранные технологии, оборудование и технические решения, направленные на повышение надежности и экологической безопасности технологических процессов;
- ♦ внедрение энергосберегающих технологий при добыче и переработке углеводородного сырья;
- ♦ механизмы снижения выбросов в атмосферу парниковых газов в свете решения Киотского протокола.

В работе конференции приняли участие специалисты более 30 российских и зарубежных компаний, в том числе представители крупнейших нефтяных, газодобывающих и нефтеперерабатывающих компаний России и стран СНГ, отечественных и зарубежных инжиниринговых компаний, научно-исследовательских институтов, ведущих производителей и поставщиков оборудования, арматуры, средств автоматизации, катализаторов.

На пленарном заседании с докладами выступили: президент Союза нефтегазопромышленников *Шмаль Г.И.*, гене-



ральный директор ОАО «ВНИПинефть» *Капустин В.М.*, специалист PCO Camco International *Денис Ржанов*, помощник председателя подкомиссии по развитию нефтегазовой отрасли, магистральному трубопроводному транспорту и терминалам Комиссии Совета Федерации *Р.Р. Хабеев*.

Особое внимание на конференции было уделено проблемам развития отечественной нефтепереработки и нефтехимии, а также утилизации попутных газов нефтяных и газоконденсатных месторождений в условиях мирового финансового кризиса.

Значительный интерес присутствующих вызвали обзор и обсуждение современных достижений в области технологических процессов и оборудования для обеспечения надежности, эффективности и экологической безопасности производства.

Подводя итоги конференции, участники подчеркнули актуальность и своевременность рассматриваемых проблем, отметив необходимость консолидации усилий государства, нефтегазодобывающих компаний, научно-исследовательских и инжиниринговых организаций по их решению.

Уважаемые читатели!

В настоящее время в потреблении нефтепродуктов во всем мире определяющим фактором является их **качество**. Влияние качества на нашу жизнь огромно – на экологию, вопросы, связанные с загрязнением окружающей среды, эксплуатацию машин и механизмов, ресурс их работы, экономику в целом. В России рынок смазочных материалов представлен весьма широко как по производителям, так и по ассортименту. Для ориентирования потребителей в этом море нефтепродуктов Редакция вводит в журнале новый раздел **«Лучшее в России»**.

Начиная со следующего номера, Вашему вниманию будет представлена компания ООО «Сетра Лубрикантс», реализующая на российском рынке нефтепродукты двух всемирно известных брендов – BP и Castrol. Задаст вопросы и представит смазочные материалы Советник генерального директора ОАО «ВНИИ НП», главный редактора журнала В.М. Школьников.

Ввиду большого объема этой информации и для сохранения наших регулярных рубрик № 7 выйдет совместно с № 8.