





George E. Totten, Editor

Rajesh J. Shah and David R. Forester, Section Editors

Fuels and Lubricants Handbook: Technology, Properties, Performance, and Testing 2nd Edition

ASTM Stock Number: MNL37-2ND

ASTM International
100 Barr Harbor Drive
PO Box C700
West Conshohocken, PA 19428-2959
Printed in U.S.A.

Редакторы:

Джордж Е. Тоттен, Раджеш Дж. Шах, Дэвид Р. Форестер

ТОПЛИВА И СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

**Технологии, эксплуатационные свойства
и методы испытаний**

Справочник

*Перевод с английского языка
под редакцией Е. А. Новикова
в двух томах*

Том 1

Издано при содействии ПАО «Газпром нефть»

УДК 355.695
ББК 31.35я2

T58 Джордж Е. Тоттен, Раджеш Дж. Шах, Дэвид Р. Форестер (ред.)
Топлива и смазочные материалы. Технологии, эксплуатационные свойства и методы испытаний :
справочник / пер. с англ. яз. под ред. Е. А. Новикова в 2 томах. — Санкт-Петербург : ЦОП
«Профессия», 2024. — Том 1. — 928 с., цв. ил.

В обновленном международном справочнике отражены результаты научно-технических достижений за последние 15 лет в области технологий, определения свойств, эксплуатационных характеристик, а также методов испытаний топлив и смазочных материалов на основе оригинальных публикаций, патентов и внедренных стандартов.

Рассмотрены все основные нефтяные жидкости и продукты: топлива, нефтяные парафины, нефтяной газ; базовые, моторные, турбинные и компрессорные масла; пластичные смазки, присадки, жидкости для теплопереноса и металлообработки. Уделено внимание «не-нефтяным» материалам — синтетическим смазкам, растительным маслам и ионным жидкостям, а также их использованию в качестве альтернативы нефтяным. Отдельные разделы посвящены методам определения свойств и эксплуатационных характеристик материалов с использованием современных аналитических методов: хроматографии, ИК-, масс- и ЯМР-спектromетрии; экологическим характеристикам топлив и смазок; основам теории смазывания. Обширный справочный иллюстративный материал имеет практическую направленность, качественно дополняет описание и закрепляет выводы авторов.

По широте охвата, глубине и подробному изложению рассматриваемых вопросов справочник не имеет аналогов в России и послужит надежным современным источником академических и практических знаний для специалистов, разработчиков, исследователей в области нефтепереработки, нефтехимии и в смежных областях.

ISBN 978-5-91884-131-0
ISBN 978-0-8031-7089-6 (англ.)

ББК 31.35я2
УДК 355.695

Copyright © ASTM INTERNATIONAL, 2019. All rights reserved.

Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения владельцев авторских прав. Информация, содержащаяся в данной книге, получена из источников, рассматриваемых издательством как надежные. Тем не менее, имея в виду возможные человеческие или технические ошибки, издательство не может гарантировать абсолютную точность и полноту приводимых сведений и не несет ответственности за возможные ошибки, связанные с использованием книги.

ISBN 978-0-8031-7089-6 (англ.).
ISBN 978-5-91884-131-0

© ASTM International, 2019
© ЦОП «Профессия», 2024
© Перевод, оформление: ЦОП «Профессия», 2024

Вступление

Спонсор этого издания — Комитет D02 ASTM по нефтяным топливам и смазочным материалам.

Редакторы: Джордж Е. Тоттен (компания *G. E. Totten & Associates*, Сиэтл, Вашингтон); Р. Дж. Шах (компания *Koehler Instruments*, Холтсвилль, Нью-Йорк); Дэвид Р. Форестер (компания *Fuel Quality Services*, Джорджия). Настоящая публикация выходит под обозначением «Справочник-37» (*Manual 37*). Это 2-е издание справочников ASTM.

Посвящения и благодарности

Выражаю глубокую благодарность моей жене Алисе за ее неизменную поддержку.

Джордж Е. Тоттен

Посвящаю мой труд Киан — той, кто непрестанно вдохновляла меня и научила терпению.

Раджеш Дж. Шах

Посвящается Лизе Дреннен, которая провела бесконечные часы, разбирая объемную документацию *ASTM International*. Ее неоценимая помощь стала моей главной опорой при подготовке этого справочника.

Дэвид Р. Форестер

Редакторы выражают признательность всем авторам разделов и глав, а также остальным специалистам, чей кропотливый труд позволил появиться на свет этой книге.

Предисловие к русскому изданию

Есть мнение, что нефть и нефтепродукты в скором времени будут не нужны. Автомобили станут электрическими, а электроэнергию будут получать из возобновляемых ресурсов. Развитие идет в этом направлении. Но вряд ли углеводородные жидкости навсегда выйдут из употребления. Электромобилям не обойтись без смазок, а самолеты на электрической тяге пока не изобрели. Есть у нефтепродуктов и много других применений, главное из которых — нефтехимический синтез.

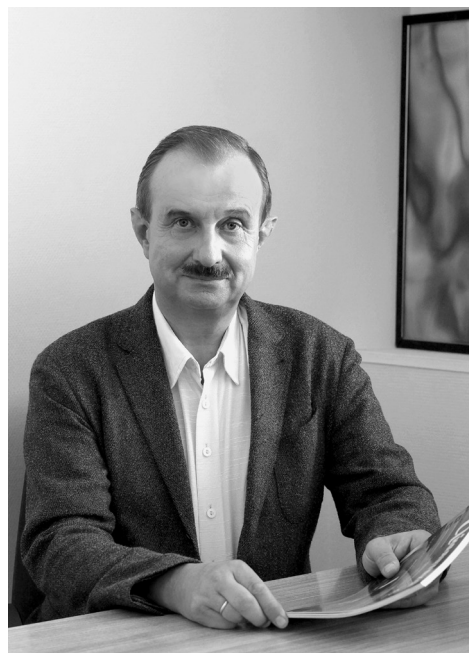
Эта книга — универсальный, многофункциональный и наиболее полный справочник по топливам и смазочным материалам из всех переведенных на русский язык. Она написана ведущими специалистами Международного общества по испытаниям и материалам *ASTM International*. Здесь представлен перевод уже второго издания. Первое содержало 38 глав, второе было расширено до 49.

Главная тема справочника — нефтяные жидкости. При этом рассматриваются и альтернативные нефтяным промышленные жидкости: синтетические смазки, растительные масла и ионные жидкости, приходящие на смену нефтяным. Можно сказать, что книга указывает направление развития химии и технологии топлив и смазочных материалов, намечает инновационные «точки роста», путь эволюции отрасли.

Одна из особенностей справочника в том, что он написан американскими авторами, которые много внимания уделяют нормативным актам США и пользуются внесистемными единицами величин. Многие из американской конкретики российский читатель может без ущерба для себя пропустить. Тем не менее глубина проникновения в тему и фактический материал, предоставляемый авторами, делают этот справочник необходимой принадлежностью любых производственных предприятий, лабораторий и вузов, деятельность которых связана с топливами и смазочными материалами.

Большое спасибо соредакторам, помогавшим редактировать отдельные главы: канд. техн. наук И. Пискунову (гл. 1), д-ру техн. наук Р. Сафиевой (гл. 3), А. Роуку (гл. 22), М. Возняку (гл. 35).

С пожеланиями новых знаний и плодотворной работы,
научный редактор издания, канд. хим. наук
Е. А. Новиков



Предисловие

Целью данного издания изначально было представить наиболее полное, всестороннее освещение информации о топливах и смазочных материалах с опорой на первоисточники. Хотя основное внимание уделено материалам нефтяного происхождения, рассматриваются также синтетические смазочные материалы, растительные масла и ионные жидкости, способные служить альтернативой своим нефтяным аналогам.

Преыдущее, 1-е издание справочника было опубликовано в 2003 году и содержало 38 глав. Оно широко использовалось специалистами всего мира в качестве справочника, но через 15 лет потребовало обновления. Последнее и было целью настоящего издания. Многие главы были дополнены и зачастую переписаны. Более того, добавление новых глав послужило существенному расширению широты и глубины изложения материала, отражающему современный уровень технологий переработки нефти. Темы, рассматриваемые в 49 главах справочника, раскрываются через обзоры методов производства и испытаний топлив, смазочных материалов и жидкостей ненефтяного происхождения, включая ионные жидкости.

Надеемся, что пересмотренные и дополненные материалы данного издания, в дополнение к ранее опубликованным, послужат поддержанию сложившейся традиции использования этой книги в качестве признанного академического и промышленного справочника.

Сведения о редакторах



Джордж Е. Тоттен (*George E. Totten*) — профессор Университета штата Портленд, США, и Университета Сан-Паоло, Бразилия; *Ph.D.* Занимал должность президента Международной федерации по тепловой обработке и поверхностным свойствам материалов (*IFHTSE*). Специалист по тепловой обработке материалов, промышленным жидкостям и смазкам. Член международных сообществ *ASM International*, *SAE International*, *ASTM International*, *IFHTSE* и *AMME*. Автор/соавтор около 800 технических публикаций, включая патенты и статьи. Соавтор и редактор 37 книг.



Дэвид Р. Форестер (*David R. Forester*) — руководитель отдела разработок компании *Fuel Quality Services*. Имеет более чем 40-летний опыт работы в области производства топлив и присадок. Автор более 35 патентов. Автор разработок множества стандартных методов испытаний, в том числе стандартов *ASTM*. Член Комитета *ASTM D02* по топливам и смазочным материалам, председатель Подкомитета *D02.14* по стабильности, чистоте и совместимости топлив. Член Сообщества автомобильных инженеров (*SAE*). Автор и соавтор многочисленных статей, выпущенных *SAE*, а также Международной ассоциацией изучения стабильности и использования жидких топлив (*IASH*). Лауреат множества премий, включая премию лидерства им. Б. Серженца.



Раджеш Дж. Шах (*Rajesh J. Shah*) — директор компании *Koehler Instruments* в течение 28 лет, *Ph.D.* Активный член международных сообществ *ASTM*, *STLE*, *NLGI*, *EI*, *GCC*, *SAE*, *ACS*, *AOCS*, *SPE*, *IFT*, *INSTMC*, *RSC* и *AICHE*. Лауреат премий *ASTM*, *NLGI* и других сообществ за важный вклад в науку о смазках. Более 10 лет являлся вице-председателем Комитета *D02.G ASTM*, ведущий специалист Подкомитетов *D02.9* и *D02.12*. Член Британского королевского химического общества, член-корреспондент Британского института физики (Лондон). Член совета директоров факультета химической инженерии Университета штата Нью-Йорк, факультета механических технологий Технического колледжа в Фармингдейле, инженерного колледжа им. Самюэля Гинна, Школы инженерного дизайна и инноваций Университета штата Пенсильвания, Международного сообщества трибологов *STLE*. Автор более 575 технических публикаций, редактор нескольких книг. Разработчик и преподаватель учебного курса по технологии топлив. Доктор Шах — активный сторонник инноваций в области использования «чистых» источников энергии и международного сотрудничества в целях решения проблем изменения климата.



Евгений Анатольевич Новиков — редактор русского издания, кандидат химических наук, член Научного совета по аналитической химии РАН. Учредитель ООО «СокТрейд Ко», по совместительству научный сотрудник РГУ нефти и газа (НИГУ) имени И. М. Губкина. Преподаватель учебного курса «Анализ нефтепродуктов». Автор более 20 обзоров и научных публикаций, научный редактор нескольких переводных изданий.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Том 1

Вступление	5
Посвящения и благодарности	5
Предисловие к русскому изданию	6
Предисловие.....	6
Сведения о редакторах	7

Часть I. ПРОЦЕССЫ ПОЛУЧЕНИЯ ТОПЛИВ И СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ НЕФТИ

Глава 1. Нефтепереработка	27
Прембула.....	27
Общая технологическая блок-схема НПЗ	27
Терминология углеводородов.....	30
Сырая нефть.....	30
Углеводородный состав.....	30
Плотность	31
Сера	31
Азот	31
Металлы	31
Кислород	31
Нефтепродукты.....	31
Бензин.....	32
Реактивное топливо	33
Нефтяное топливо	34
Дизельное топливо	34
Подготовка и разделение сырой нефти.....	35
Процессы для улучшения качества и выхода бензина и дистиллятов.....	36
Каталитический крекинг с флюидизированным катализатором (флюид-каталитический крекинг)	36
Каталитический риформинг	38
Изомеризация.....	42
Алкилирование	42
Процессы для удаления гетероатомов и уменьшения концентрации ароматики или олефинов.....	44
Процессы для конверсии и повышения качества остатков.....	47
Висбрекинг	47
Сольвентная деасфальтизация.....	48
Замедленное коксование	49
Флюидизированное коксование и флексикокинг.....	51
Гидрокрекинг в неподвижном слое.....	51
Гидрокрекинг в псевдооживленном слое.....	51
Процессы для производства базовых масел	53
Прочие процессы нефтепереработки	53
Производство водорода	53
Производство серы.....	54
Контроль загрязнений на НПЗ.....	56

Генерация электроэнергии и тепла (когенерация)	56
Смешение продуктов.....	56
Перспективы нефтепереработки	56
Стандарты ASTM	57
Библиография.....	58

Глава 2. Переработка использованных масел

и вторичная переработка.....	59
Прембула.....	59
Терминология	59
Исторический экскурс.....	59
Отработанные масла как сырье для переработки	60
Оценка отработанного масла для повторной переработки	60
Испытание отработанного масла на пригодность в качестве сырья для переработки	62
Процесс повторной переработки.....	64
Подготовка.....	65
Производственная технология.....	65
Стандарты ASTM	68
Литература	69

Глава 3. Асфальтены: характеристики

и моделирование	70
Прембула.....	70
Асфальтены и их природа	71
Проблемы с асфальтенами при переработке нефти	72
Проблемы с асфальтенами при транспортировке нефти	72
Проблемы с асфальтенами при добыче нефти ..	72
Состав асфальтенов и их фракции.....	72
Гипотетические варианты структуры асфальтенов.....	73
Макроструктура агрегатов асфальтенов	74
Наноструктура асфальтенов.....	74
Физические и физико-химические свойства асфальтенов.....	75
Молекулярная масса асфальтенов	75
Плотность асфальтенов.....	77
Диффузия асфальтенов	77
Характеристики поверхности.....	77
Вязкость нефти с асфальтенами.....	77
Параметр растворимости	78
Другие свойства асфальтенов	78
Начало осаждения асфальтенов: экспериментальные методы и методики	78
Гравиметрия	79
Акустический резонанс.....	79
Светорассеяние	81
Фильтрация	81
Микроскопия под высоким давлением.....	81

Электрическая проводимость	82	Другие стандарты	140
Вискозиметрия	82	Литература	140
Методика IP-143	82		
Другие методики	82	Глава 5. Процессы ожижения угля: обзор.....	142
Сравнение различных методов	82	Прембула.....	142
Фазовое поведение асфальтенов.....	82	Структура угля	142
График зависимости осаждения асфальтенов		Пиролиз.....	142
от давления и температуры.....	82	Процесс <i>Lurgi</i> — <i>Ruhrigas</i>	142
Подходы к моделированию для прогноза		Процесс <i>COED</i>	143
фазового поведения асфальтенов.....	83	Процесс <i>Toscoal</i>	143
Агрегация асфальтенов.....	86	Процесс получения чистого кокса.....	144
Флокуляция асфальтенов: описание, механизм		Процесс <i>Union Carbide</i>	144
и этапы	87	Процесс пиролиза <i>Occidental</i>	144
Механизмы выпадения и отложения		Процесс <i>Encoal</i>	144
асфальтенов в породах и трубопроводах.....	88	Процессы пиролиза: выводы	144
Краткое описание процессов выпадения		Прямое ожижение угля: экстракция	
и отложения асфальтенов.....	88	растворителями.....	144
Образование осадка асфальтенов		Промышленные установки до 1970 года.....	147
из-за изменений состава фазы	89	Процессы <i>SRC I</i> и <i>SRC II</i>	147
Образование осадка асфальтенов		Процесс <i>H-coal</i>	147
из-за изменения давления	89	Процесс <i>Exxon</i> с донорным растворителем	
Влияние ввода CO_2 на образование осадка		(ЭДР)	147
асфальтенов	91	Процесс <i>Kohleol (Bottrop)</i>	148
Отложение асфальтенов в пористых средах		Процесс <i>NEDO</i>	150
и производственных сооружениях	92	Великобритания: экстракция жидкости	
Критерии возможности выпадения		растворителем.....	150
и отложения асфальтенов.....	96	Пилотная установка в Вильсонвилле:	
График де Бура	96	каталитическое двухстадийное ожижение	
Подход через соотношение асфальтенов		(<i>CTSL</i>)	151
и смол.....	96	Китай: прямое ожижение угля	152
Индекс коллоидной неустойчивости.....	96	Изучение механизма	153
Методы предотвращения выпадения		Резюме по прямому ожижению угля	157
и осаждения асфальтенов.....	96	Непрямое ожижение угля.....	157
Механические методы	97	Производство метанола	157
Химические методы	97	Метанол-в-бензин или алкены?	158
Термические методы	97	Резюме по непрямому ожижению угля	162
Лазерный метод.....	97	Синтез Фишера — Тропша.....	162
Ингибиторы отложения асфальтенов: типы		Механизм синтеза Фишера — Тропша.....	163
химических веществ, их свойства		Резюме	166
и воздействие.....	98	Литература	167
Химическое отделение асфальтенов от нефти	99		
Экспериментальные и модельные исследования		Часть II. ТОПЛИВА: ФУНКЦИИ И СВОЙСТВА	
переработки асфальтенов.....	100		
Литература.....	101	Глава 6. Сжиженный нефтяной газ.....	173
Глава 4. Нефтяные парафины.....	109	Прембула.....	173
Прембула.....	109	Исторический экскурс.....	174
Обсуждение.....	111	История индустрии СНГ	174
Классификация сырой нефти и химическая		История применения СНГ	177
структура компонентов.....	111	История изучения свойств и термодинамики	
Производство, транспортировка и переработка		сжиженного природного газа	180
высокопарафинистой сырой нефти	112	Спецификации на СНГ	181
Технология депарафинизации		История стандартов <i>ASTM</i> на СНГ	181
растворителем.....	114	Диметилловый эфир: разработка новых	
Композиционные и молекулярные		стандартов	183
характеристики нефтяного парафина	116	Отбор проб	183
Кристаллическая структура.....	118	Состав и расчетные свойства: октановое	
Методы определения характеристик		число, плотность, давление паров	184
нефтяного парафина	127	Определение состава методом газовой	
Стандарты <i>ASTM</i>	139	хроматографии	185

Октановое число	185	Свойства бензинов	223
Олефины	186	Состав бензина	223
Давление пара	186	Присадки для бензина	224
Остаток от испарения (выветривание)	188	Сгорание бензина	227
Сухость пропана	188	Октановое число как показатель	
Остаточные вещества (масляные пятна		эксплуатационных характеристик бензинов	229
и осадок).....	198	Спецификации на бензин	235
Коррозия, H ₂ S и сера	198	<i>ASTM D4814 Стандартная спецификация</i>	
Загрязняющие примеси.....	199	<i>топлива для автомобильных двигателей</i>	
Природные радиоактивные материалы	200	<i>с искровым зажиганием</i>	235
Поправочные коэффициенты на объем для		Другие свойства, не указанные	
СНГ и газоконденсатов.....	201	в спецификации	241
Автомобильный пропан	202	Стандарты ASTM	244
Сжиженный нефтяной газ: меры безопасности		Литература	245
и правила обращения	203		
Воспламеняемость СНГ	203	Глава 8. Авиационное топливо	247
Обращение с СНГ	204	Исторический экскурс.....	247
Одобрение пробоотборных цилиндров		Авиационный бензин	247
для СНГ	205	Реактивное топливо	250
Воздействие СНГ на человека.....	205	Самолеты и двигатели	251
Одорирование СНГ	206	Авиационный бензин	251
Применение СНГ.....	207	Реактивное топливо	252
Промышленность	207	Дизельное реактивное топливо.....	255
Транспорт.....	208	Эксплуатационные требования и их	
Сельское хозяйство	208	выполнение	255
Коммунальный газ.....	208	Низкая температура и ее влияние на топливо	255
Бытовое использование	208	Низкая температура: проблемы, связанные	
Отдых.....	208	с водой	256
Авиация.....	208	Высокая температура.....	257
Морское дело	208	Сгорание	258
Чрезвычайные ситуации.....	208	Реактивное топливо	259
Угледобыча	208	Летучесть и воспламеняемость	260
Медицина.....	208	Измерение количества топлива	262
Стандарты ASTM	208	Дальность полета самолета	262
Литература	209	Коррозионная стойкость	262
		Стабильность при хранении.....	263
		Смазывающая способность.....	264
		Статическое электричество.....	264
		Прочие свойства	264
		Производство топлива	265
		Авиационный бензин	265
		Реактивное топливо	265
		Присадки.....	267
		Общие сведения	267
		Специальные присадки	267
		Транспортировка	268
		Трубопроводы.....	268
		Морской транспорт.....	268
		Автомобильный транспорт.....	268
		Железнодорожный транспорт.....	268
		Аэропорты.....	268
		«Связанное топливо»	269
		Контроль качества.....	269
		Общая идеология	269
		Загрязняющие вещества	269
		Авиационный бензин	269
		Реактивное топливо	270
		Оборудование для удаления загрязнений	270
		Оборудование для обнаружения	
		загрязнений	272
Глава 7. Автомобильный бензин	213		
Преамбула.....	213		
Исторический экскурс.....	213		
Этилированный бензин	213		
История применения алкилсвинца в бензине.....	214		
История измерения октанового числа	215		
Закон о чистом воздухе 1963 года: стандарт			
выбросов транспортных средств, а также			
поэтапное снижение содержания алкилсвинца.....	215		
Неэтилированный бензин	216		
Закон о чистом воздухе 1970 года от Агентства			
по охране окружающей среды США и поправка			
1977 года	217		
Контроль испарений	218		
Поправка к Закону о чистом воздухе 1990 года			
(реформулированный бензин и нормальный			
бензин).....	218		
Регламенты для автомобилей и топлив			
с 2004 года	219		
Современные регламенты для автомобилей			
и топлив	220		
Топлива, содержащие этанол	222		
Ограниченные разрешения на применение			
этанола	223		

Процедуры контроля качества.....	273
Резюме	274
Стандарты <i>ASTM</i>	275
Другие стандарты	276
Стандарты Энергетического института.....	276
Технические характеристики авиационного турбинного топлива и присадок военной авиации США	277
Технические характеристики топлива и присадок для турбин военной авиации Великобритании.....	277
Спецификации отрасли.....	277
Литература	277

Глава 9. Автомобильное дизельное

топливо, печное топливо, неавиационное

газотурбинное топливо и керосин	279
Преамбула.....	279
Топлива и марки топлива	279
Печные топлива.....	279
Дизельные топлива.....	279
Газотурбинные топлива	279
Керосин	282
Судовые топлива.....	282
Свойства топлива и методы испытаний.....	282
Фракционный состав и летучесть	284
Кинематическая вязкость	285
Температура вспышки	285
Плотность	287
Работа при низких температурах.....	288
Чистота	291
Стабильность	294
Смазывающая способность.....	297
Ароматические углеводороды	298
Энергосодержание.....	298
Общее содержание серы.....	300
Кислотное число	302
Зольность	302
Коксовый остаток	302
Воспламеняемость: цетановое число, цетановый индекс и производное цетановое число	302
Электропроводность.....	305
Коррозия медной пластинки	305
Дополнительная информация о конкретных видах топлива	305
Дизельное топливо с низким содержанием серы и окрашенное дизельное топливо	306
Газотурбинное топливо.....	307
Стандарты <i>ASTM</i>	309
Литература	311

Часть III. УГЛЕВОДОРОДЫ И СИНТЕТИЧЕСКИЕ СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ: ФУНКЦИИ И СВОЙСТВА

Глава 10. Углеводородные базовые

масла, получаемые из нефти	315
Преамбула.....	315

Потребление смазочных материалов.....	317
Базовые масла	317
Производство базовых масел	320
Процесс производства базовых масел.....	323
Производство минеральных базовых масел.....	327
Сравнение методов производства базовых масел.....	339
Факторы, определяющие спрос на базовые масла.....	344
Определение базовых масел.....	347
Качество базовых масел	351
Разработка составов смазочных материалов.....	364
Литература	369
Приложение 10.1	375

Глава 11. Углеводороды для химического и специального использования.....

Преамбула.....	377
Обсуждение.....	382
Производство ненасыщенных углеводородов.....	382
Стандартные методы испытаний.....	387
Стандарты <i>ASTM</i>	394
Другие стандарты	394
Ассоциация газопереработчиков (<i>GPA</i>)	394
Немецкий институт по стандартизации (<i>DIN</i>).....	394
Международная организация по стандартизации (<i>ISO</i>)	394
Методы компании <i>Universal Oil Products (UOP)</i>	395
Литература	395

Глава 12. Присадки и химия присадок

Преамбула.....	397
Требуемые свойства смазочных материалов	398
Критерии выбора подходящих базовых масел.....	398
Тенденции технологии смазочных материалов.....	399
Контроль выхлопных газов.....	402
Топливная экономичность	403
Увеличение интервалов между заменами масла	403
Альтернативные виды топлива	404
«Немоторные» масла и смазки	404
Присадки к маслам	405
Структура отрасли	405
Рынок присадок.....	407
Тенденции технологий присадок	407
Классы присадок	410
Образование отложений.....	413
Сажа и углерод	414
Лаки и нагар	414
Механизм образования отложений	415
Загущение масла.....	416
Расход масла.....	416
Залипание колец	418
Коррозия и износ.....	418
Ингибиторы окисления.....	418
Дисперсанты	432
Предотвращение образования отложений посредством дисперсантов.....	433

Структура дисперсантов.....	434
Синтез дисперсантов.....	435
Требуемые свойства дисперсантов.....	443
Испытания рабочих характеристик дисперсантов.....	447
Детергенты.....	450
Субстраты детергентов.....	451
Получение нейтральных и основных детергентов.....	457
Параметры детергентов.....	462
Испытания рабочих характеристик детергентов.....	464
Трибомодификаторы.....	469
Противоизносные и противозадирные присадки.....	480
Противоизносные присадки.....	482
Противозадирные присадки.....	485
Твердые смазки.....	495
Ингибиторы ржавления и коррозии.....	500
Модификаторы вязкости.....	508
Олефиновые полимеры.....	510
Сложноэфирные полимеры.....	514
Диспергирующие модификаторы вязкости.....	522
Депрессорные присадки.....	523
Противопенные присадки.....	526
Многофункциональная природа присадок.....	527
Процесс разработки новой присадки и ее утверждение.....	527
Содержание присадок в маслах.....	530
Экологическая безопасность.....	531
Влияние присадок на окружающую среду.....	531
Государственные нормативы.....	531
Стандарты <i>ASTM</i>	534
Литература.....	535

Глава 13. Синтетические смазки на неводной

основе.....	546
Прембула.....	546
Полиол и диэфиры.....	546
Химическая природа и производство.....	547
Физические свойства.....	548
Химические свойства.....	549
Применение и эксплуатационные характеристики.....	550
Полиалкиленгликоли.....	550
Химическая природа и производство.....	551
Физические свойства.....	552
Химические свойства.....	553
Применение и эксплуатационные характеристики.....	554
Поли- α -олефины.....	557
Химическая природа и производство.....	558
Физические свойства.....	558
Химические свойства и эксплуатационные характеристики.....	558
Другие синтетические базовые масла.....	559
Силиконы.....	559
Перфторалкиловые эфиры.....	560
Полифениловые эфиры.....	561
Алкилированные циклопентаны.....	561

Производные циклогексана.....	561
Резюме.....	561
Окислительная стабильность.....	562
Смазывающая способность.....	563
Экологическая приемлемость.....	565
Относительная стоимость синтетических смазок.....	565
Стандарты <i>ASTM</i>	566
Другие стандарты.....	567
Литература.....	567

Глава 14. Синтетические смазки на водной

основе.....	571
Прембула.....	571
Огнестойкие гидравлические жидкости <i>HFA</i> и <i>HFB</i>	572
Общие характеристики и химический состав.....	572
Состав флюидов.....	572
Производство.....	573
Области применения.....	574
Свойства.....	574
Водно-гликолевые огнестойкие гидравлические жидкости.....	578
Общие характеристики.....	578
Состав жидкости.....	578
Производство.....	579
Области применения.....	580
Свойства.....	580
Сравнение жидкостей <i>HFA</i> , <i>HFB</i> и <i>HFC</i>	582
Снижение значений рабочих показателей для гидравлических насосов.....	584
Тенденции в производстве синтетических смазок: смазки на водной основе.....	586
Литература.....	586

Глава 15. Экологически приемлемые гидравлические жидкости на основе сложных эфиров.....

591	
Гидравлические жидкости.....	591
Функции и требования.....	591
Типы экологически приемлемых гидравлических жидкостей.....	592
Химические основы сложных эфиров.....	593
Функциональные группы и элементарные соединения.....	593
Связи в спиртах.....	593
Карбоновые кислоты.....	594
Свойства молекул сложных эфиров, используемых для производства гидравлических жидкостей.....	595
Реологические свойства.....	595
Гидролиз.....	596
Окисление.....	598
Ресурсы и производство.....	599
Рабочие характеристики.....	601
Смазывание.....	601
Низкотемпературные характеристики.....	603
Смешиваемость с минеральным маслом.....	604
Проверка.....	604

Обоснование использования жидкости на основе сложного эфира.....	604	Федеральные стандарты.....	682
Обоснование использования возобновляемых ресурсов	605	Международные стандарты <i>IEC</i> (Международной электротехнической комиссии).....	683
Поведение при старении.....	606	Международная организация по стандартизации (<i>ISO</i>).....	683
Окислительная стабильность	606	Военные спецификации	683
Гидролитическая стабильность.....	607	Общество автомобильных инженеров.....	683
Установка для испытания гидролитического старения	608	Прочие стандарты	683
Токсичность для окружающей среды	611	Литература	683
Сертификация	611		
Резюме и перспективы будущих разработок.....	613		
Стандарты <i>ASTM</i>	614	Глава 17. Гидравлические жидкости	687
Другие стандарты	614	Прембула.....	687
Международная организация по стандартизации (<i>ISO</i>).....	614	Передача энергии	687
Немецкий институт по стандартизации (<i>DIN</i>).....	614	Передача тепла.....	687
Литература	615	Смазывание	687
		Тенденции	689
		Базовые компоненты на нефтяной основе	689
		Окислительная и термическая стабильность.....	690
		Испытания на окисление при высоких температурах.....	691
		Антиоксиданты	693
		Детергенты и дисперсанты.....	694
		Защита от износа	694
		Определение противоизносных свойств	696
		Противоизносные и противозадирные присадки	702
		Содержание воды и гидролитическая стабильность.....	702
		Формы загрязнения водой	702
		Влияние загрязнения водой	703
		Определение содержания воды.....	703
		Определение гидролитической стабильности.....	703
		Деэмульгирующая способность	704
		Определение деэмульгирующей способности	704
		Деэмульгаторы.....	704
		Кавитация, аэрация и вспенивание	704
		Испытание на пенообразование и аэрацию.....	705
		Антипенные присадки.....	705
		Загрязнение твердыми частицами	706
		Определение содержания твердых частиц	706
		Подсчет содержания твердых частиц	706
		Фильтруемость	707
		Испытания для определения фильтруемости	707
		Присадки для улучшения фильтруемости	708
		Защита от коррозии	708
		Испытания на коррозию и образование ржавчины.....	708
		Антикоррозийные присадки, ингибиторы образования ржавчины и пассиваторы металлов.....	709
		Совместимость с уплотнителями	710
		Испытание на совместимость с уплотнителями	710
		Агенты набухания уплотнений	711
		Реологические свойства	711
		Стабильность к сдвигу.....	711
Глава 16. Турбинные смазочные масла и гидравлические жидкости	618		
Прембула.....	618		
Типы турбин	619		
Паровые турбины	619		
Газовые турбины.....	619		
Водяные турбины	620		
Ветряные турбины	620		
Функция смазочного масла и гидравлической жидкости.....	622		
Рабочая среда турбинного масла и гидравлической жидкости.....	622		
Типы турбинных масел и их состав	628		
Базовые компоненты	629		
Присадки и их оценка.....	637		
Ингибиторы ржавления и коррозии.....	644		
Противоизносные и противозадирные присадки.....	645		
Классификация турбинных масел и гидравлических жидкостей	647		
Стандарты для турбинных масел и жидкостей	648		
Требования к рабочим характеристикам, их значимость и оценка	651		
Характеристики стабильности.....	665		
Характеристики предотвращения ржавления и коррозии.....	667		
Смазывание	669		
Чистота	669		
Аспекты совместимости.....	672		
Управление качеством нового масла и жидкости	674		
Поддержание надлежащего состояния масла и жидкости	675		
Использование данных анализа масла	679		
Очистка и промывка системы	679		
Перспективы	680		
Стандарты <i>ASTM</i>	680		
Другие стандарты	682		
Американский институт нефти (<i>API</i>).....	682		

Испытания для определения стабильности к сдвигу.....	712	Моющие присадки.....	776
Улучшители индекса вязкости.....	712	Диспергенты.....	776
Прокачиваемость при низких температурах ...	712	Полимерные загустители.....	776
Испытания на прокачиваемость при низких температурах.....	712	Ингибиторы пенообразования.....	777
Депрессорные присадки.....	713	Модификаторы трения.....	777
Влияние эффективности жидкости.....	713	Депрессанты.....	777
Испытания для определения эффективности.....	713	Ингибиторы окисления.....	777
Стандартные гидравлические жидкости.....	714	Ингибиторы коррозии.....	777
Минеральные гидравлические масла.....	715	Деэмульгаторы и эмульгаторы.....	777
Тракторные жидкости, жидкости для автоматической трансмиссии и моторные масла.....	716	Классификация и испытание работоспособности смазок для зубчатых передач.....	783
Огнестойкие жидкости.....	716	Смазки зубчатых передач автомобилей.....	783
Экологически приемлемые гидравлические жидкости.....	720	Маркировка Американского института нефти.....	784
Резюме.....	721	Классификация по вязкости SAE J306.....	785
Стандарты ASTM.....	722	Стандарт армии США MIL-PRF-2105E и стандарт SAE J2360.....	787
Другие стандарты.....	723	Технические спецификации производителей ...	787
Международная организация по стандартизации (ISO).....	723	Смазки для промышленных зубчатых передач.....	787
Военно-технические нормативы.....	724	Методы испытаний смазок для зубчатых передач.....	794
Литература.....	724	Число осаждения по ASTM D91.....	794
Глава 18. Компрессорные масла.....	728	Температуры вспышки и воспламенения в открытом тигле по Кливленду по ASTM D92.....	794
Препамбула.....	728	Температура текучести по ASTM D97.....	794
Общие сведения.....	728	Коррозия медной пластинки по ASTM D130 ...	794
Уравнения состояния газов.....	728	Плотность по API по ASTM D287.....	794
Цикл сжатия газа.....	729	Кинематическая вязкость по ASTM D445.....	794
Газовые компрессоры.....	732	Кислотное число по ASTM D664.....	795
Смазки для компрессоров.....	737	Подавление образования ржавчины по ASTM D665.....	795
Полиалкиленгликоль.....	740	Характеристики пенообразования по ASTM D892.....	795
Требования к маслу.....	748	Нерастворимые примеси в работающих маслах ASTM D893.....	795
Методы испытаний.....	748	Содержание хлора по ASTM D808.....	795
Резюме.....	764	Содержание фосфора по ASTM D1091.....	795
Стандарты ASTM.....	764	Содержание серы по ASTM D1552.....	795
Другие стандарты.....	765	Содержание воды по ASTM D1744.....	796
Литература.....	765	Износ на четырехшариковой машине трения по ASTM D2266.....	796
Глава 19. Смазки для зубчатых передач.....	767	Индекс вязкости по ASTM D2270.....	796
Препамбула.....	767	Метод определения задира по Тимкену по ASTM D2782.....	796
Появление смазок для зубчатых передач.....	767	Испытание на четырехшариковой машине трения по ASTM D2783.....	796
Функции смазок зубчатых передач.....	768	Деэмульгирующие свойства по ASTM D2711....	796
Типы зубчатых передач.....	768	Окисление противозадирных масел по ASTM D2893 (S-200).....	796
Методы нанесения смазки на зубчатые колеса ...	769	Низкотемпературная вязкость на вискозиметре Брукфильда по ASTM D2983.....	796
Причины отказа шестерен.....	770	Содержание азота по Кьельдалю по ASTM D3228.....	797
Смазывание зубчатых передач.....	772	Щелочное число по ASTM D4739.....	797
Типы смазок для зубчатых передач.....	774	Элементный анализ по ASTM D4951.....	797
Жидкие масла с ингибированием ржавчины и окисления.....	774	Определение задира на машине трения FZG по ASTM D5182 или DIN 51354.....	797
Масла с противозадирными присадками.....	774		
Компаундированные масла.....	774		
Компаунды для открытых зубчатых передач.....	774		
Пластичные смазки.....	775		
Присадки для смазок зубчатых передач.....	775		
Противозадирные присадки.....	776		
Противоизносные присадки.....	776		

Имитатор холодной прокрутки двигателя по <i>ASTM D5293</i>	797	Состав базовых масел смазочных материалов.....	817
Термическая и окислительная стабильность (<i>L-60-1</i>) <i>ASTM D5704</i>	797	Присадки к смазочным материалам	818
Испытание на циклическую надежность по <i>ASTM D5579</i>	797	Новые конструкции двигателей, позволяющие улучшить экономию топлива и сократить выбросы парниковых газов.....	823
Совместимость с уплотнениями по <i>ASTM D5662</i>	798	Совершенствование новых систем трансмиссии	823
Высокотемпературное ингибирование пенообразования по <i>ASTM D6082</i>	798	Разработка и обновление новых спецификаций на моторные масла.....	823
Испытание в гипоидных передачах с низкой скоростью и высоким крутящим моментом <i>L-37</i> по <i>ASTM D6121</i>	798	Разработка смазочных материалов с низкой вязкостью для повышения экономии топлива	824
Испытание на окисление Французской координационной группы	798	Разработка новых технологий присадок и испытаний производительности для будущих спецификаций	824
Испытание на синхронизацию <i>SSP 180</i>	798	Методы оценки моторных масел для бензиновых двигателей и соответствующие спецификации	826
Сдвиговая стабильность по <i>CEC-L45-T-93</i>	798	Моторные масла для легковых автомобилей.....	826
Испытание <i>FZG PITS C i80 TS</i>	799	<i>GF-4/SM</i>	826
Температура образования канала по Федеральному методу испытаний 3456.....	799	<i>GF-5/SN</i>	827
Испытание на задир шестерен <i>L-42</i> по <i>ASTM D7452</i>	799	Основные спецификации производителей оборудования на североамериканском рынке моторных масел для легковых автомобилей, работающих на бензине.....	849
Испытание на коррозию шестерен <i>L-33</i> по <i>ASTM D7038</i>	799	Новая спецификация <i>ILSAC: GF-6</i>	849
Динамическое испытание прокладок	799	Разработка методов испытаний для стандарта <i>GF-6</i>	851
Совместимость смазок зубчатых передач по <i>FTM 3430</i>	799	Легкие дизельные двигатели	854
Растворимость при хранении смазок зубчатых передач по <i>FTM 3440</i>	799	Методы оценки масел для тяжелых условий эксплуатации (<i>HDEOS</i>) и соответствующие спецификации	855
Воздухоотделение по <i>ASTM D3427</i> или <i>DIN 51381</i>	799	Процесс введения моторных испытаний для <i>HDEO</i>	855
Резюме	800	Разработка <i>CI-4</i>	855
Стандарты <i>ASTM</i>	800	Внедрение классификации <i>CI-4 Plus</i>	898
Другие стандарты	801	Разработка <i>CJ-4</i>	899
Литература	801	Период <i>PC-10/CJ-4</i>	901
Глава 20. Моторные масла	803	Разработка <i>PC-11</i>	901
Прембула.....	803	Руководство пользователя <i>API</i> для стандартов <i>CK-4</i> и <i>FA-4</i>	904
Общая информация	803	Увеличение интервалов замены масла	904
Ключевые аспекты разработки моторных масел в системе <i>API</i>	804	Обзор спецификаций на смазочные материалы <i>ACEA</i> и будущие тенденции.....	906
Основы составления и оценки моторного масла.....	805	Стратегии снижения трения и износа с помощью автомобильных смазочных материалов	908
Классификация моторных масел и спецификации на моторные масла в Северной Америке.....	810	Обзор ключевых стратегий	908
Повышение экономии топлива и сокращение выбросов парниковых газов за счет технологии двигателя.....	811	Стратегии разработки составов.....	909
Усовершенствование бензиновых двигателей.....	811	Моторные масла с низкой и сверхнизкой вязкостью.....	915
Усовершенствование дизельных двигателей.....	813	Присадки.....	916
Влияние смазочных материалов и присадок	814	Тонкопленочные покрытия	916
Влияние работы двигателя на свойства смазочного материала.....	816	Альтернативные стали (без покрытия).....	918
Влияние присадок на трение компонентов.....	816	Кривые Штрибека в трибологических испытаниях.....	918
Влияние смазочных материалов и присадок на систему контроля выбросов выхлопных газов.....	817	Резюме	920
		Стандарты <i>ASTM</i>	920
		Литература	922

Том 2**Глава 21. Жидкости для металлообработки5**

Прембула.....	5
Операции металлообработки.....	5
Операции съема металла, или мехобработка.....	5
Операции формования металла.....	7
Процессы соединения.....	9
Смежные процессы.....	10
Смазочно-охлаждающие жидкости.....	10
Выбор жидкости.....	10
Концентрация жидкости.....	11
Рынок смазочно-охлаждающих жидкостей: стимулы и ограничения.....	11
Основные понятия.....	12
Смазывание.....	12
Вязкость.....	15
Классификация смазочно-охлаждающих жидкостей.....	16
Классификация на основе базовой жидкости... 16	
Классификация жидкостей на водной основе.....	22
Классификация по конечному применению.....	28
Состав жидкости.....	45
Составы и испытания.....	62
Токсичность, безопасность и экологическая совместимость.....	71
Повторное использование и утилизация жидкости.....	71
Стандарты <i>ASTM</i>	78
Литература.....	80

Глава 22. Пластичные смазки.....83

Прембула.....	83
Состав.....	83
Базовое масло.....	83
Загустители смазки.....	86
Алюминиевые пластичные смазки.....	86
Кальциевые пластичные смазки.....	86
Литиевые пластичные смазки.....	87
Смазки на основе алюминиевого комплекса.....	87
Загустители на основе кальциевого комплекса.....	87
Смазки на основе литиевого комплекса.....	87
Смазки на основе сульфоната кальция.....	87
Смазки на основе полимочевины.....	88
Смазки на основе органоглины.....	88
Присадки.....	88
Выбор пластичной смазки.....	88
Производство пластичных смазок.....	89
Оборудование.....	89
Простые мыльные смазки.....	89
Смазки на основе кальциевого комплекса.....	90
Смазки на основе литиевого комплекса.....	90
Алюминиевые пластичные смазки.....	90
Смазки на основе алюминиевого комплекса.....	90
Готовые мыла.....	90
Смазки на основе сульфоната кальция.....	90
Смазки на основе полимочевины.....	90

Смазки на основе органоглины.....	91
Производство пластичных смазок с допуском <i>Н1</i>	91
Классификация и спецификации.....	91
Методы испытаний и их значимость.....	92
Консистенция.....	92
Стабильность консистенции.....	94
Свойства текучести.....	94
Термостойкость.....	96
Окислительная стабильность.....	99
Экстремальное давление и износ.....	101
Коррозия.....	103
Влияние воды.....	104
Другие испытания.....	104
Химический анализ.....	106
Стандарты, прекратившие действие.....	106
Стандарты в стадии разработки.....	107
Испытание на воспламеняемость.....	107
Стандарты <i>ISO</i>	107
Стандарты <i>ASTM</i>	107
Литература.....	110

Глава 23. Жидкие теплоносители111

Прембула.....	111
Обсуждение.....	111
Коэффициент теплоотдачи.....	111
Перепад давления.....	114
Состав жидкости на основе минерального масла.....	114
Состав синтетической жидкости.....	118
Свойства жидких теплоносителей.....	119
Техническое обслуживание жидкости: внутризаводские испытания.....	122
Обслуживание жидкости.....	122
Обслуживание жидкости: лабораторные испытания.....	123
Безопасность.....	124
Схема и конструкция.....	125
Стандарты <i>ASTM</i>	126
Прочие стандарты.....	128
Литература.....	128

**Глава 24. Несмазывающие технические жидкости:
технологии закалки стали130**

Прембула.....	130
Обсуждение.....	130
Фазовое превращение стали.....	130
Диаграммы <i>ТТТ</i>	132
Диаграммы <i>ССТ</i>	132
Измерение прокаливаемости.....	136
Основы процесса закалки.....	138
Сбор и анализ данных кривых охлаждения.....	146
Количественный анализ кривой охлаждения.....	157
Закалочные масла.....	160
Полимерные закалочные растворы на водной основе.....	164
Техническое обслуживание закалочной ванны.....	164

Рекомендуемые методы испытаний для закалочных масел (<i>ASTM D6710 Стандартное руководство для оценки углеводородного закалочного масла</i>).....	165	Химические свойства.....	235
Углубленный анализ кривой охлаждения	177	Титрование	235
Расчет КТП при использовании зонда <i>Liščič-Petrofer</i>	179	Визуальная индикация	236
Отличительные характеристики построенных кривых охлаждения и соответствующие рассчитанные данные по теплопередаче, полученные с использованием зонда <i>Liščič-Petrofer</i>	180	Потенциометрическая индикация	236
Примеры использования характеристических критериев для различения типов закалочных растворов и параметров их состояния.....	180	Физические свойства	240
Вода в качестве закалочного раствора	182	Методы определения косового остатка.....	240
Стандарты <i>ASTM</i>	184	Методы определения содержания нерастворимых веществ.....	242
Прочие стандарты	185	Пена	243
Литература	186	Методы определения потерь от испарения.....	243
Глава 25. Смазки на основе ионных жидкостей:		Другие методы испытаний	244
описание и применение.....	193	Программа проверки квалификации <i>ASTM</i> ...	244
Преамбула.....	193	Эквивалентность международных методов испытаний	245
Структура и свойства	193	Методы испытаний, находящиеся в стадии разработки.....	245
Преимущества и недостатки.....	193	<i>Titrotherm</i>	245
Свойства и факторы воздействия на них	194	Отказ от использования хлорированных растворителей в методах испытаний.....	245
Смазки	199	Стандартные образцы	246
Общая работоспособность.....	199	Стандарты <i>ASTM</i>	246
Факторы, влияющие на смазывающие свойства.....	201	Литература	247
Применения для конкретных условий	203	Глава 28. Элементный анализ	248
Присадки к смазкам	203	Преамбула.....	248
Резюме	206	Значимость металлов, присутствующих в нефтепродуктах	248
Номенклатура.....	206	Анализ нефтепродуктов.....	248
Литература	206	Подготовка пробы	248
Часть IV. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СВОЙСТВ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК		Продукты износа металлов в эксплуатируемых маслах.....	250
Глава 26. Измерения количества нефти и нефтепродуктов.....	215	Методы испытаний, находящиеся в ведении Комитета <i>D02</i>	251
Преамбула.....	215	Методы атомной спектроскопии	251
Измерение количества нефти.....	216	Ионная хроматография	257
Терминология	216	Методы микроэлементного анализа.....	257
Измерение температуры	218	Нейтронно-активационный анализ.....	258
Ручной отбор проб	220	Рентгенофлуоресцентная спектрометрия	258
Операции по проведению измерений	224	Специальные темы	260
Методики расчетов	228	Анализ биотоплив	262
Определение плотности или плотности в градусах <i>API</i>	228	Стандартные референтные образцы	262
Резюме	230	Программы квалификационных испытаний <i>ASTM</i>	262
Стандарты <i>ASTM</i>	230	Всемирная гармонизация методов испытаний	264
Прочие стандарты	231	Перспективы	264
Глава 27. Анализ жидких топлив и смазок.....	232	Контроль качества	264
Преамбула.....	232	Резюме	264
Обращение с образцами	232	Стандарты <i>ASTM</i>	264
Смазки и присадки.....	232	Литература	268
		Глава 29. Хроматографические методы анализа топлив и смазок	271
		Преамбула.....	271
		Жидкостная хроматография.....	271
		Газовая хроматография	273
		Методы имитированной дистилляции	273
		Аналитические методы газовой хроматографии	276
		Детальный анализ углеводородного состава...	282

Хроматографические методы анализа смазочных материалов и моторных масел, находящихся в эксплуатации.....	283	Химическая ионизация при атмосферном давлении.....	322
Хроматографические методы анализа сырых нефтей.....	284	Лазерная ионизация при атмосферном давлении.....	322
Методы газовой хромато-масс-спектрометрии ...	284	Матрично-активированная лазерная десорбция/ионизация и лазерная десорбция/ионизация.....	322
Методы гель-проникающей хроматографии.....	285	Сравнение методов ионизации	323
Перспективы.....	285	Анализ данных.....	323
Стандарты <i>ASTM</i>	285	Подготовка образцов.....	325
Литература.....	288	Примеры применений.....	326
Глава 30. Анализ нефти, нефтепродуктов и смазок методами инфракрасной спектроскопии... 289		Асфальтены.....	326
Прембула.....	289	Окружающая среда.....	326
Пропускание и поглощение	290	Резюме.....	327
Ближняя, средняя и дальняя инфракрасная области	290	Литература.....	327
Измерительные приборы.....	291	Глава 33. Летучесть.....335	
Подготовка и ввод проб.....	294	Прембула.....	335
Качественный анализ	296	Перегонка	335
Количественный анализ.....	296	<i>ASTM D86</i>	336
Калибровка с использованием суррогатных смесей.....	298	<i>ASTM D850</i>	340
Мониторинг состояния рабочих жидкостей ...	298	<i>ASTM D1078</i>	342
Литература	301	<i>ASTM D7344</i>	342
Глава 31. Исследование нефти методом ядерного магнитного резонанса302		<i>ASTM D7345</i>	343
Прембула.....	302	<i>ASTM D1160</i> , стандартный метод перегонки нефтепродуктов при пониженном давлении...	345
Методы	302	Прочие международные стандартные методы перегонки.....	354
Промышленные методы исследования	302	Воспламеняемость.....	354
Пробоподготовка.....	303	<i>ASTM D56</i>	357
Методы сбора данных.....	305	<i>ASTM D92</i>	357
Качественный анализ.....	305	<i>ASTM D93</i>	357
Обработка данных.....	310	<i>ASTM D1310</i>	360
Представление данных	311	<i>ASTM D3278</i>	360
Обсуждение.....	311	<i>ASTM D3828</i>	360
Распознавание и количественное определение типов атомов углерода.....	311	<i>ASTM D3941</i>	360
Отслеживание химических изменений в процессах	312	<i>ASTM D6450</i>	360
Определение олефинов.....	313	<i>ASTM D7094</i>	360
Специализированные применения	313	<i>ASTM D7236</i>	360
Стандарты <i>ASTM</i>	314	Прочие международные методы определения температуры вспышки	360
Литература	314	Перегонка нефти.....	362
Глава 32. Масс-спектрометрия в нефтяной промышленности316		<i>ASTM D2892</i>	362
Прембула.....	316	<i>ASTM D5236</i>	362
Масс-спектрометрия.....	317	Прочие международные стандартные методы перегонки нефти	366
Анализаторы массы и газофазное разделение ...	318	Давление паров.....	366
Времяпролетная масс-спектрометрия	318	<i>ASTM D323</i>	366
Масс-спектрометры <i>Orbitrap</i>	319	<i>ASTM D4953</i>	366
Масс-спектрометрия ионного циклотронного резонанса с преобразованием Фурье.....	319	<i>ASTM D5190</i>	367
Двумерная газовая хроматография.....	320	<i>ASTM D5191</i>	370
Масс-спектрометрия ионной подвижности ...	320	<i>ASTM D5482</i>	370
Методы ионизации.....	321	<i>ASTM D6377</i>	370
Ионизация электроспреем	321	<i>ASTM D6378</i>	370
Фотоионизация при атмосферном давлении....	321	<i>ASTM D5188</i>	371
		<i>ASTM D2533</i>	371
		<i>ASTM D1267</i>	371
		<i>ASTM D7975</i>	372
		Прочие международные методы определения давления паров.....	372

Резюме	373
Стандарты ASTM	373
Прочие стандарты	374
Литература	374

Глава 34. Определение счетной концентрации

частиц в топливах и смазках.....	377
Преамбула.....	377
Зачем нужен подсчет количества частиц?	378
Исторический экскурс.....	378
Источники, типы и размеры частиц	379
Определение размеров частиц	380
Характеристики формы частиц	382
Требования по чистоте: новые и эксплуатируемые масла.....	382
Технологии	385
Затенение света	385
Рассеяние света.....	387
Прямой анализ образцов	389
Применения	391
Отбор и подготовка проб	391
Калибровка и проверка.....	393
Автоматические счетчики частиц	393
Системы анализа образцов.....	393
Прецизионность	393
Мешающие влияния	394
Отчет о результатах	395
Подсчет и кодирование	396
Методы испытаний и другие стандарты.....	397
<i>ASTM D6786 Стандартный метод определения количества частиц в минеральном изоляционном масле с использованием автоматических оптических счетчиков частиц</i>	<i>397</i>
<i>ASTM D7596 Стандартный метод автоматического подсчета частиц и классификации частиц в маслах по форме с использованием интегрированного анализатора изображений.....</i>	<i>397</i>
<i>ASTM D7619 Стандартный метод определения размера и подсчета частиц в легких и средних дистиллятных топливах с помощью автоматического счетчика</i>	<i>397</i>
<i>ASTM D7647 Стандартный метод автоматического подсчета частиц в смазочных и гидравлических жидкостях с использованием методов разбавления для устранения влияния воды и мешающих мягких частиц путем оптического затенения.....</i>	<i>397</i>
<i>IP 564 Определение уровня чистоты авиационного турбинного топлива (лабораторный метод с применением автоматического счетчика частиц).....</i>	<i>398</i>
<i>IP 565 Определение уровня чистоты авиационного турбинного топлива с помощью портативного автоматического счетчика частиц</i>	<i>398</i>
<i>IP 577 Определение уровня чистоты авиационного турбинного топлива (метод с использованием автоматического счетчика частиц, работающего по принципу затенения света).....</i>	<i>398</i>

<i>ISO 11171 Гидравлические приводы: калибровка автоматических счетчиков частиц в жидкости</i>	<i>398</i>
<i>ISO 4406 Гидравлические приводы: жидкости (метод кодирования уровня загрязнения твердыми частицами).....</i>	<i>398</i>
<i>ISO 11500 Гидравлические приводы: определение уровня загрязнения частицами жидкой пробы с использованием автоматического счетчика частиц, работающего по принципу затенения света</i>	<i>399</i>
<i>ISO 4407 Гидравлические приводы, загрязнение жидкости: определение загрязнения твердыми частицами с подсчетом их количества с помощью метода подсчета с использованием оптического микроскопа</i>	<i>399</i>
<i>AS4059 Гидравлические приводы для аэрокосмической техники: классификация чистоты для стандарта гидравлических жидкостей</i>	<i>399</i>
Стандарты ASTM	399
Прочие стандарты	399
Библиография.....	400
Литература	400

Глава 35. Биоповреждение.....

Преамбула: что такое биоповреждение	401
Принципы микробиологии.....	401
Что такое микробы?	401
Каким образом микробы выживают в топливных и смазочных системах?	405
Биоповреждение топлива.....	406
Прямое биоповреждение: топлива в качестве питательной среды для микроорганизмов	406
Опосредованное биоповреждение: реакции между продуктами жизнедеятельности микроорганизмов и топливами	407
Биологические поверхностно-активные вещества.....	407
Биоповреждение смазочных масел	407
Прямое биоповреждение: смазочные материалы и гидравлические жидкости в качестве питательной среды для микроорганизмов	407
Опосредованное биоповреждение: реакции между продуктами жизнедеятельности микроорганизмов и смазочными материалами.....	408
Биоповреждение топливной и смазочной систем	408
Повреждение инфраструктуры: биокоррозия.....	408
Биокоррозия эластомеров и композитных материалов.....	410
Обрастание.....	411
Мониторинг состояния топлив и смазок на предмет микробного загрязнения.....	415
Вводная информация.....	415
Смешивающаяся с водой смазочно-охлаждающая жидкость	415
Топлива и топливные системы.....	419

Масла и смазочные системы	422	Спонтанное воспламенение	475
Анализ первопричин биоповреждения	423	Стехиометрия	475
Контроль микробного загрязнения	425	Теплотворная способность (теплота сгорания) ..	476
Стратегии предупреждения	425	Максимальная температура горения.....	477
Стратегии корректирующих мер	427	Склонность к образованию дыма.....	478
Резюме	430	Характеристики сжигания топлива	
Терминологический словарь.....	430	в непрерывном потоке.....	478
Стандарты <i>ASTM</i>	431	Зажигание	479
Литература	431	Стабилизация пламени	479
Глава 36. Измерения температуры.....	434	Разбавление воздухом	479
Исторический экскурс.....	434	Распределение температур на входе	
Приборы для измерения температуры	434	в турбину	479
Стеклянные жидкостные термометры	435	Удельный импульс двигателя.....	480
Резистивные датчики температуры	437	Выбросы при горении	481
Термисторы	439	Характеристики топлива при обращении.....	481
Термопары	440	Пожаробезопасность при заправке	
Замена приборов для измерения температуры... 440		топливом.....	482
Глубина погружения.....	441	Смазывающая способность.....	483
Теплопроводность	441	Стабильность	483
Измерения в статичном состоянии и при		Водные загрязнения	485
перемешивании	441	Проблемы со здоровьем при обращении	
Постоянная или регулируемая температура... 441		с топливами	486
Объемное отношение	441	Перспективы	486
Стандарты <i>ASTM</i>	443	Изменение состава (краткосрочная	
Прочие стандарты	443	перспектива)	486
Литература	443	Дополнительные топлива (среднесрочная	
Общеобразовательная литература.....	443	перспектива)	486
		Альтернативные топлива (долгосрочные	
		перспективы)	487
		Резюме	487
		Стандарты <i>ASTM</i>	487
		Другие стандарты	489
		Литература	489
		Библиография.....	489
		Приложение 38.1	489
		Приложение 38.2.....	490
		Приложение 38.3.....	492
		Приложение 38.4.....	493
		Приложение 38.5.....	495
		Приложение 38.6.....	497
Глава 37. Характеристики сгорания в дизельных		Глава 39. Свойства топлив, нефтяного пека,	
двигателях и двигателях с искровым зажиганием ...	444	нефтяного кокса и углеродных материалов.....	498
Преамбула: принципы искрового зажигания 444		Преамбула.....	498
Разработка камеры сгорания двигателя		Нефтяные топлива	498
с искровым зажиганием.....	448	Спецификации на нефтяные топлива и области	
Процессы сгорания в дизельных двигателях..... 454		их применения.....	498
Разработка камеры сгорания дизельного		Наиболее важные свойства нефтяных	
двигателя.....	458	топлив	499
Литература	462	Выводы	505
		Нефтяной пек	505
		Производственные процессы и области	
		применения	505
		Свойства нефтяного пека	506
		Выводы	512
		Нефтяной кокс.....	513
		Процессы получения нефтяного кокса	513
		Формирование микротекстуры кокса	
		в процессах коксования	514
		Сырье для коксования	518
Глава 38. Разработка топлив для аэрокосмических			
двигателей	464		
Латинские и греческие сокращения			
и обозначения.....	464		
Преамбула.....	464		
Термодинамика двигателей.....	465		
Молекулярная структура топлива	467		
Стабильность при хранении	470		
Аэростатическая сила.....	470		
Физическое состояние	470		
Самопроизвольная воспламеняемость	470		
Стехиометрия	471		
Выделение тепла при окислении.....	471		
Максимальная температура горения.....	471		
Свойства и испытания коммерческих топлив ... 472			
Плотность	472		
Летучесть	472		
Вязкость	473		
Затвердевание	475		
Поверхностное натяжение	475		
Воспламеняемость	475		

Классификация нефтяных коксов	519	Стандарты <i>ASTM</i>	593
Свойства нефтяного кокса	520	Литература	594
Выводы	525		
Углеродные материалы из остаточного нефтяного топлива, нефтяного пека и нефтяного кокса	526	Глава 42. Коррозия трубопроводной стали	595
Технический углерод (сажа)	526	Препамбула.....	595
Углеродные волокна из нефтяного пека.....	528	Корродирующее воздействие углеводородных жидкостей.....	595
Угольные аноды для производства алюминия.....	529	Водонефтяная эмульсия и многофазный поток.....	595
Графитированные электроды для электродуговых печей	530	Смачиваемость поверхности металла	598
Выводы	531	Коррозионная активность водной фазы сырой нефти.....	599
Стандарты <i>ASTM</i>	531	Влияние химического состава нефти на коррозионную активность водной фазы	600
Литература	533	Коррозия трубопроводов	601
Глава 40. Окисление смазок и топлив	537	Кинетика электрохимических поверхностных реакций.....	601
Окисление смазок и ингибиторы окисления.....	537	Перенос веществ	603
Испытания окисления смазок и топлив	546	Продукты коррозии	603
Цель испытаний	547	Нефть как ингибитор коррозии.....	604
Описание стендовых испытаний окисления	548	Виды внутренней коррозии	606
Биоразлагаемые смазки.....	578	Коррозионная активность потока в трубопроводе.....	615
Методы испытаний	578	Влияние смачивания водной фазой.....	615
Гидравлические жидкости, масла с сопротивлением ржавлению и окислению (<i>R&O</i>) и турбинные масла	578	Влияние режима многофазного потока	615
Редукторные масла	579	Влияние скорости многофазного потока.....	617
Пластичные смазки	579	Влияние свойств водной фазы	617
Моторные масла.....	579	Влияние температуры.....	620
Бензины и топлива	579	Выбор материалов	622
Смазки общего назначения.....	579	Высокопрочные низколегированные стали.....	622
Моторные испытания.....	579	Значимость легирующего состава	623
Моторные испытания японских масел.....	580	Значимость микроструктуры стали.....	624
Моторные испытания американских моторных масел.....	580	Контроль коррозии трубопроводов.....	626
Моторные испытания европейских моторных масел.....	580	Охрана окружающей среды.....	626
Стандарты <i>ASTM</i>	580	Очистка труб.....	630
Литература	581	Химическая обработка и ингибиторы коррозии	632
Библиография.....	582	Экспериментальные установки, методы и стандарты	638
Глава 41. Коррозия	583	Экспериментальные установки и устройства... ..	638
Препамбула.....	583	Определение коррозионной активности и скорости коррозии.....	647
Электрохимическая природа образования ржавчины.....	583	Резюме	652
Химия ржавчины	584	Стандарты <i>ASTM</i>	654
Коррозия меди.....	584	Литература	654
Поверхностная активность ингибиторов коррозии	585	Глава 43. Текучесть и стабильность к сдвигу	667
Химический состав ингибиторов коррозии и уровни обработки	585	Препамбула.....	667
Испытания на коррозию.....	586	Номенклатура и реология	668
Топлива и смазки	586	Геометрические параметры вискозиметра и общие методы испытаний.....	669
Топлива.....	588	Свойства текучести нефтепродуктов	671
Автомобильные моторные масла	588	Кинематическая вязкость	671
Моторные масла для дизельных двигателей тяжелого режима работы.....	589	История измерений кинематической вязкости	676
Редукторные масла	589	Вискозиметры Сейболта, вискозиметры с коротким рабочим капилляром и вискозиметры с диафрагмой	679
Индустриальные смазочные жидкости и функциональные жидкости.....	589	Зависимость кинематической вязкости от температуры	680
Пластичные смазки	592		

Индекс вязкости.....	683	Токсичность сложной смеси	743
Расчет индекса вязкости	684	Стандартные процедуры испытаний на	
Давление.....	688	токсичность: острая токсичность.....	744
Абсолютная вязкость воды	689	Стандартные процедуры испытаний	
Стандарты вязкости.....	689	на токсичность: хроническая	
Контроль температуры.....	690	и субхроническая токсичность.....	746
Методы <i>ASTM</i> для определения свойств		Испытания на токсичность неводной среды ...	746
текучести	691	Опасность и риск.....	747
Высокая температура и высокая скорость		Резюме	747
сдвига	692	Терминология	748
Стойкость полимерсодержащих масел к сдвигу.....	694	Стандарты <i>ASTM</i>	750
Стандарты <i>ASTM</i>	696	Литература	750
Другие стандарты	698		
Температура текучести нефтепродуктов	698	Глава 46. Основы применения смазочных	
Измерение и расчет вязкости	698	материалов	754
Кинематическая вязкость	698	Прембула.....	754
Испытание на стабильность к сдвигу		Обсуждение.....	754
с применением топливной форсунки.....	698	Трение	754
Литература	698	Площадь контакта	755
		Поверхности износа.....	757
Глава 44. Свойства холодного течения	702	Анализ данных о шероховатости	
Прембула.....	702	поверхности	759
Температура текучести.....	703	Структура изношенной поверхности.....	762
Температура помутнения	705	Механизмы износа	768
Среднедистиллятные топлива	706	Механизмы смазывания	790
Дизельное топливо	707	Резюме	815
Авиационное топливо	708	Стандарты <i>ASTM</i>	815
Смазочные материалы.....	709	Другие стандарты	816
Смазочные материалы для турбин.....	710	Стандарты, связанные с шероховатостью	
Смазочные материалы для двигателей.....	711	поверхности	816
Вязкость при испытании в условиях низких		Литература	816
температур и высокого напряжения сдвига	713		
Прокачиваемость моторных масел при		Глава 47. Трибологические испытания	
низкой температуре	715	и моделирование	825
Смазочные материалы, содержащие сажу.....	719	Прембула.....	825
Стандарты <i>ASTM</i>	720	Общая информация.....	825
Другие стандарты	721	Давление и деформация по Герцу.....	827
Литература	722	Размеры точечного контакта	827
		Размеры линейного контакта.....	828
		Образование ЭГД-пленки.....	828
Глава 45. Экологические характеристики топлив		Структурные элементы смазываемого	
и смазочных материалов	724	контакта и поверхностная трибология	829
Прембула.....	724	Четыре основные научно-технические темы	
Чем обоснована необходимость		в области трибологии	830
в стандартизованных испытаниях?	724	Уровень технологической готовности (<i>TRL</i>)	832
Физико-химические свойства	725	<i>TRL</i> применительно к трибологии	832
Химическая структура	725	Пять ключевых трибологических параметров.....	833
Коэффициент распределения «октанол/вода» ...	725	Скорость захвата.....	833
Растворимость в воде.....	726	Коэффициент «лямбда».....	835
Давление паров.....	727	Скорость скольжения	835
Постоянная закона Генри.....	727	Нормальная нагрузка и распределение	
Адсорбция и десорбция	727	давления	835
Константа диссоциации	727	Технология <i>WAM</i>	836
Трансформация в окружающей среде	728	Измерение температуры и анализ результатов..	837
Процессы переноса.....	728	Поверхностная трибология и пять ключевых	
Процессы трансформации	729	трибологических параметров.....	838
Абиотическое разложение.....	729	Полирующий износ.....	838
Процесс аккумуляции	733	Микропиттинг	838
Воздействие на окружающую среду.....	737	Микрозадиры	838
Стандартизованные испытания	737	Задиры	839
Воздействие	737		

<i>TRL 2</i> : трибологические свойства.....	839	Выбор испытания и использование кодов трибологических конфигураций	878
Коэффициент зависимости вязкости от давления.....	839	Первая цифра: скорость.....	878
Коэффициент сцепления	840	Вторая цифра: площадь контакта.....	878
Моделирование сцепления.....	844	Третья цифра: контактное давление или характеристики нагрузки	879
<i>TRL 3</i> : трибологические факторы.....	846	Четвертая цифра: угол входа	879
Испытания на допустимую нагрузку до образования задиров	846	Основные типы устройств для стендовых испытаний	879
Совместимость масел и материалов в условиях граничной смазки	847	Устройство со штифтом и V-образным блоком.....	879
Микропиттинг: малоцикловая поверхностная усталость	849	Штифт на диске	881
Микропиттинг и отслаивание: поверхностная и подповерхностная усталость.....	850	Испытание с четырьмя шариками.....	881
Испытание $WAM_{тр}$ на микропиттинг и отслаивание	852	Четырехшариковая машина для испытания на износ	882
Трибологические испытания <i>TRL 4</i> и переход на другие уровни <i>TRL</i>	856	Четырехшариковая машина для определения противозадирных свойств.....	883
<i>TRL 4</i> : цели и стратегия тестирования	856	Блок на кольце	884
<i>TRL 3</i> : понятие притирочной полировки	856	Машина трения Тимкена	885
<i>TRL 4</i> : моделирование работы гипоидной зубчатой передачи в ездовом цикле многоцелевого колесного транспортного средства высокой мобильности	856	Крутящий момент при нарезании резьбы.....	886
<i>TRL 6</i> : испытание концептуального масла <i>RIP</i> на полуоси дифференциала <i>HMMWV</i>	861	Многообразцовая/многоцелевая испытательная машина (с упорной шайбой)	887
<i>TRL 4</i> : порог образования задиров на конических шестернях со спиральными зубьями.....	861	Линейное возвратно-поступательное движение.....	888
Основанное на физике эмпирическое трибологическое моделирование и моделирование одиночного контакта.....	863	Широко распространенные устройства для компонентных испытаний	889
Резюме	867	Установка с нагружаемыми шестернями (<i>FZG</i>).....	889
Литература	868	Испытание с использованием лопастного насоса постоянного объема.....	890
Глава 48. Испытания смазочных материалов на трение и износ	869	Резюме	892
Преамбула.....	869	Стандарты <i>ASTM</i>	892
История трибологии.....	869	Характеристики трения и износа	892
Основные типы трибологических испытательных систем	870	Противозадирные свойства	893
Основы разработки трибологических испытаний	871	Другие стандарты	893
Выявление проблем при эксплуатации	871	Свойства трения и износа	893
Выбор стендового испытания	872	Связанные стандарты <i>ASTM</i>	894
Выбор параметров испытания	872	Литература	894
Оценка результатов испытаний.....	872	Приложение 48.1.....	895
Выбор и разработка испытания.....	873	Глава 49. Статистические методы контроля качества измерений для нефти и нефтепродуктов.....	901
Стендовые испытания	874	Преамбула.....	901
Проектирование компонентных испытаний... ..	874	Использование процесса измерения в нефтяной отрасли.....	901
Выбор параметров испытания	875	Контроль производственного процесса.....	901
Температура	875	Проверка соответствия свойств продукта спецификации.....	902
Нагрузка	875	Самоконтроль процесса измерения.....	902
Скорость	876	Показатели эффективности процесса измерения... ..	902
Продолжительность.....	876	Прецизионность.....	902
Материалы	877	Смещение.....	904
Особые условия окружающей среды	877	Программа обеспечения качества процесса измерений.....	904
Испытуемый смазочный материал.....	877	Мониторинг стабильности и прецизионности с помощью испытаний образцов для контроля качества	905
Специальные испытания	878	Отслеживание смещений путем проведения испытаний на контрольных материалах с <i>ARV</i>	907

Регулярное участие в межлабораторных
сличениях (раунд-робин)908
Калибровка испытательного оборудования ...909
Анализ накопленных данных из контрольных
карт909
Периодическая и независимая проверка
эффективности.....909

Важные аспекты реализации программы
обеспечения качества910
Резюме910
Стандарты *ASTM*910
Литература910