

А. П. КАРТОШКИН

СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ

СПРАВОЧНИК

Рекомендовано

Федеральным государственным автономным учреждением

«Федеральный институт развития образования»

в качестве учебного пособия для использования в учебном процессе

образовательных учреждений, реализующих программы

среднего профессионального образования по специальностям

190631 «Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта»,

ПМ.01 «Техническое обслуживание и ремонт автотранспорта»,

110809 «Механизация сельского хозяйства», ПМ.01 «Подготовка машин,

механизмов, установок, приспособлений к работе, комплектование

сборочных единиц», ПМ.02 «Эксплуатация сельскохозяйственной техники»,

ПМ.03 «Техническое обслуживание и диагностирование неисправностей

сельскохозяйственных машин и механизмов, ремонт отдельных деталей и узлов»

Регистрационный номер рецензии 431

от 12 декабря 2011 г. ФГАУ «ФИРО»



Москва

Издательский центр «Академия»

2012

УДК 656.137(075.32)
ББК 39.34я723
К272

Рецензенты:

директор Санкт-Петербургского ГОУ СПО «Автотранспортный и электромеханический колледж», д-р техн. наук *С. К. Корабельников*;
Генеральный директор ЗАО «Академия прикладных исследований», член Северо-Западного отделения Научного совета РАН по горению и взрыву, академик МАПИ, канд. хим. наук *Л. А. Ашкинази*;
председатель секции учебников и учебных пособий Экспертного совета по профессиональному образованию ФГУ «ФИРО» *Н. М. Назарова*

Картошкин А. П.

К272 Смазочные материалы для автотракторной техники : справочник : учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / А. П. Картошкин. — М. : Издательский центр «Академия», 2012. — 240 с.
ISBN 978-5-7695-7173-2

Изложены основные сведения о важнейших физико-химических и эксплуатационных свойствах различных видов смазочных материалов, используемых в автотракторной технике. Показано влияние основных видов смазочных материалов на надежность и эффективность эксплуатации автотракторной техники.

Учебное пособие может быть использовано при освоении профессионального модуля ПМ.01 «Техническое обслуживание и ремонт автотранспорта» по специальности 190631 «Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта», а также профессиональных модулей ПМ.01 «Подготовка машин, механизмов, установок, приспособлений к работе, комплектование сборочных единиц», ПМ.02 «Эксплуатация сельскохозяйственной техники», ПМ.03 «Техническое обслуживание и диагностирование неисправностей сельскохозяйственных машин и механизмов, ремонт отдельных деталей и узлов» по специальности 110809 «Механизация сельского хозяйства».

Для студентов учреждений среднего профессионального образования. Может быть полезно специалистам, а также слушателям курсов переподготовки и повышения квалификации.

УДК 656.137(075.32)
ББК 39.34я723

Оригинал-макет данного издания является собственностью Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом без согласия правообладателя запрещается

ISBN 978-5-7695-7173-2

© Картошкин А. П., 2012
© Образовательно-издательский центр «Академия», 2012
© Оформление. Издательский центр «Академия», 2012

Данное учебное пособие является частью учебно-методического комплекта по специальности «Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта» и может быть использовано при освоении профессионального модуля ПМ.01 «Техническое обслуживание и ремонт автотранспорта».

Учебно-методический комплект по специальности — это основная и дополнительная литература, позволяющая освоить специальность, получить профильные базовые знания. Комплект состоит из модулей, сформированных в соответствии с учебным планом, каждый из которых включает в себя учебник и дополняющие его учебные издания — лабораторный практикум, курсовое проектирование, плакаты, справочники и многое другое. Модуль полностью обеспечивает изучение каждой дисциплины, входящей в учебную программу. Все учебно-методические комплекты разработаны на основе единого подхода к структуре изложения учебного материала.

Важно отметить, что разработанные модули дисциплин, входящие в учебно-методический комплект, имеют самостоятельную ценность и могут быть использованы при выстраивании учебно-методического обеспечения образовательных программ обучения по смежным специальностям.

При разработке учебно-методического комплекта учитывались требования Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования.

Введение

Для технических целей человечество использует смазочные материалы (СМ) растительного, животного и нефтяного происхождения. Применяются касторовое, рапсовое, сурепное, оливковое, соевое, арахисовое, кокосовое, пальмовое, хлопковое, подсолнечное и льняное масла; бараний, дельфиновый, китовый, костный, говяжий и свиной жир. Для обеспечения требуемой работоспособности современных машин и форсированных двигателей внутреннего сгорания используются минеральные масла. Введение присадок в базовые масла позволяет придавать им заранее заданные физико-химические показатели. Созданы синтетические масла, превосходящие минеральные по основным эксплуатационным свойствам.

ГОСТ 28576—90 (ISO 8681-86) «Нефтепродукты и смазочные материалы. Общая классификация» определяет классы нефтепродуктов и СМ и их обозначения (табл. В.1).

Таблица В.1. Общая классификация нефтепродуктов и смазочных материалов

Класс	Продукты	Класс	Продукты
F	Топлива	W	Парафины
L	Смазочные материалы, промышленные масла и родственные продукты	B	Битумы
		S	Растворители и сырье для химической промышленности

Современные смазочные материалы — сложные композиции, в которых представлены и углеводородные составляющие, и кислородсодержащие компоненты, и различные присадки. Все составы сбалансированы по свойствам и не требуют использования «рекомендуемых рекламируемых добавок».

Наукоемкие технологии, экологические проблемы и возобновляемые энергетические ресурсы ужесточают требования к качеству смазочных материалов.

СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

1.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В любом механизме или машине при работе узлов трения используют СМ, что позволяет минимизировать энергетические потери при эксплуатации техники, обеспечить надежность и долговечность ее работы.

Смазочный материал (ГОСТ 27674—88, ISO 4378/3-83) вводят на поверхность трения для уменьшения силы трения и (или) интенсивности изнашивания. Смазочные материалы, как и металлы, из которых изготовлены машины, являются конструкционными материалами. К ним применимы все понятия теории надежности.

Срок службы техники определяется тремя факторами:

- качеством используемых материалов, технологией изготовления пар трения (чистота обработки поверхностей, размеры зазоров и т.д.) и совершенством конструкции;
- условиями эксплуатации (температура, скорость перемещения, нагрузка, запыленность воздуха, агрессивность среды и т.д.);
- правильным выбором и качеством применяемых СМ.

Первые два фактора имеют важное значение при проектировании и изготовлении техники, а третий фактор — при ее эксплуатации.

Основное назначение СМ — уменьшение износа трущихся деталей и затрат энергии на преодоление трения. В зависимости от условий применения СМ выполняют и другие функции. Конструктивное и технологическое оформление узлов трения, а также условия их работы весьма разнообразны. Поэтому один вид СМ не может быть использован для всех поверхностей трения даже в одной машине. В связи с этим выпускают широкий ассортимент СМ.

1.2. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ТРЕНИЯ

При работе различных узлов и механизмов происходит взаимное перемещение соприкасающихся поверхностей деталей, при котором возникает трение (DIN 50281). **Трение покоя** представляет собой трение двух тел при их относительном микросмещении. **Трение движения** — это трение двух (или более) тел, перемещающихся относительно друг друга.

Различают внутреннее и внешнее трение (ГОСТ 27674—88, ISO 4378/2). **Внутреннее трение** — явление сопротивления относительному перемещению частиц одного и того же тела. **Внешнее трение** — явление сопротивления относительному перемещению двух тел, возникающее в зонах соприкосновения их поверхностей.

Сила трения — это сила сопротивления при относительном перемещении (под действием внешней силы) одного тела по поверхности другого, тангенциально направленная к общей границе между двумя телами.

Коэффициент трения — это отношение силы трения между двумя телами к силе, прижимающей эти тела друг к другу и действующей по нормали к поверхности касания.

Сила трения, направленная по касательной к поверхности трущихся деталей в сторону, противоположную движению, является неблагоприятным фактором. От силы трения, на преодоление которой затрачивается энергия, зависит коэффициент полезного действия (КПД) механизма, а от характера трения — износ поверхностей и срок службы механизма. Трение оказывается полезным, когда оно обеспечивает передачу усилий.

Трение классифицируют в соответствии с условиями трения (типом контакта) на поверхностях двух соприкасающихся твердых тел и характером их движения [13].

В зависимости от условий трения различают следующие его виды:

- сухое (толщина смазочной пленки меньше размеров шероховатостей на трущихся поверхностях твердых тел, что приводит к непосредственному контакту этих поверхностей);
- граничное (смазочная пленка не выполняет функции опорного элемента, разделение контактирующих поверхностей обеспечивают граничные мономолекулярные слои, образующиеся на поверхностях трения в результате взаимодействия активных компонентов СМ с поверхностными слоями трущихся тел);

- жидкостное гидродинамическое или гидростатическое (пленка жидкости полностью разделяет тела, принимая на себя всю нагрузку);
- смешанное полужидкостное или полусухое (нагрузка распределяется между жидкой смазочной пленкой и контактирующими между собой телами);
- трение в газовой среде (газовая прослойка полностью разделяет тела, принимая на себя всю нагрузку).

В зависимости от характера движения тел различают трение скольжения (трение первого рода), трение качения (трение второго рода) и трение качения с проскальзыванием (трение третьего рода). Существуют также статическое трение, препятствующее началу движения, и динамическое трение, возникающее при движении тел.

Согласно ГОСТ 27674—88 (ISO 4378/2) трение скольжения представляет собой трение движения, при котором скорости соприкасающихся тел в точке касания различны по значению и (или) направлению. При трении качения, которое также является трением движения, скорости соприкасающихся тел в зоне контакта одинаковые по значению и направлению.

Сухое трение сопровождается существенной потерей мощности, значительным выделением теплоты и повышенным износом. Трение между разнородными металлами меньше, чем между однородными, поэтому в технике трущиеся поверхности обычно выполняют из разных металлов. На силу трения влияют твердость поверхности (чем она выше, тем меньше сила трения), чистота обработки и окружающая среда.

Сила сухого трения (F) определяется на основании закона Амонтона — Кулона:

$$F = \mu P,$$

где μ — коэффициент сухого трения, зависящий от видов материалов (табл. 1.1) и качества обработки соприкасающихся поверхностей; P — нагрузка, действующая перпендикулярно поверхности трения.

Сухое трение возникает при неправильном подборе и недостаточном поступлении СМ, чрезвычайно высоких удельных нагрузках, перегреве деталей, низкой частоте вращения вала, избыточном или недостаточном зазоре, нарушении режимов технического обслуживания, наличии в СМ абразивных примесей и неблагоприятных условиях эксплуатации (резкие изменения температур, значительная запыленность среды).

Таблица 1.1. Значения коэффициента сухого трения для разных сочетаний материалов

Материалы	μ	Материалы	μ
Сталь по стали	0,15	Мягкая сталь по бронзе	0,18
Сталь по мягкой стали	0,20	Бронза по бронзе	0,20
Сталь по чугуну	0,18	Цинк по цинку	0,50
Сталь по бронзе	0,15	Медь по меди	1,30

При **граничном трении** трущиеся поверхности разделены тонкой адсорбированной пленкой. В этом случае коэффициент трения ниже, чем при сухом трении, но выше, чем при жидкостном. В процессе эксплуатации машин граничное трение возникает при их пуске и останове, преодолении кратковременных перегрузок, малых скоростях и высоких нагрузках, а также тогда, когда форма сопрягаемых деталей не позволяет создать гидродинамический клин или невозможно обеспечить подачу масла к трущимся поверхностям из-за низкой температуры. Изнашивание и повреждение металлических поверхностей или заклинивание механизмов предотвращает тончайшая масляная пленка (рис. 1.1), которая прочно удерживается на этих поверхностях под действием сил межмолекулярного сцепления.

При граничном трении вязкость СМ существенного значения не имеет. Прочность масляной пленки зависит от смазывающих свойств СМ (маслянистости) и физико-химических свойств металлов, на которых концентрируются активные вещества пленки. Граничная пленка на поверхности металла подобна твердому телу. Важное свойство масляной пленки при граничном трении — это ее способность выдерживать нагрузку без разрушения, препятствуя непосредственному контакту поверхностей.

Когда трущиеся поверхности полностью разделены маслом, то трение между металлами заменяется **жидкостным трением** между слоями масла. При этом минимальная толщина смазочного слоя должна быть больше суммарной высоты микровыступов на

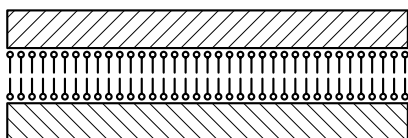


Рис. 1.1. Схематичное изображение твердых поверхностей при наличии между ними масляной пленки в условиях граничного трения

поверхностях трения. Чем выше чистота обработки металла, тем меньше толщина масляного слоя, обеспечивающая жидкостное трение.

Согласно гидродинамической теории [19] жидкостное трение возможно благодаря несущей способности масляного слоя, обеспечиваемой гидродинамическим давлением в масляном зазоре. Необходимый смазочный слой, разделяющий трущиеся поверхности, образуется в том случае, когда развиваемое в нем давление выше удельного давления, например на подшипник. Надежность масляного слоя повышается при возрастании частоты вращения вала и вязкости масла, что сопровождается увеличением затрат энергии на преодоление внутреннего трения. Поэтому в каждом конкретном случае вязкость масла должна иметь наименьшее значение, при котором наблюдается жидкостное трение. Таким образом, основным фактором, определяющим возможность образования масляного слоя, являются вязкостные свойства масел.

Значения коэффициента трения изменяются в зависимости от вида трения:

<i>Вид трения</i>	<i>Коэффициент трения</i>
Трение скольжения:	
сухое	0,15 ... 0,90
граничное	0,08 ... 0,15
жидкостное	0,007 ... 0,03
Трение качения:	
в шариковых подшипниках	0,001 ... 0,003
в роликовых подшипниках	0,002 ... 0,007

Смешанное трение возникает при пуске, прогреве и останове двигателя, перегреве смазочного масла и использовании масла несоответствующей вязкости. При наличии смешанного трения наблюдается разрыв смазочного слоя в небольшой зоне, где его толщина меньше критической. Эта зона включает в себя участки контактирования микронеровностей, на которых наблюдается граничное трение, и участки с эластогидродинамической смазкой во впадинах микронеровностей.

Трение в газовой среде реализуется в конструкциях подшипников с частотой вращения в десятки тысяч оборотов в минуту. Различают газовую смазку газодинамическую, газостатическую и гибридную. В качестве рабочей среды используются воздух, азот, неон, хладон и газы с очень низкой динамической вязкостью η (например, водород). У газов значение η с повышением температуры при постоянном давлении возрастает (рис. 1.2), что приводит

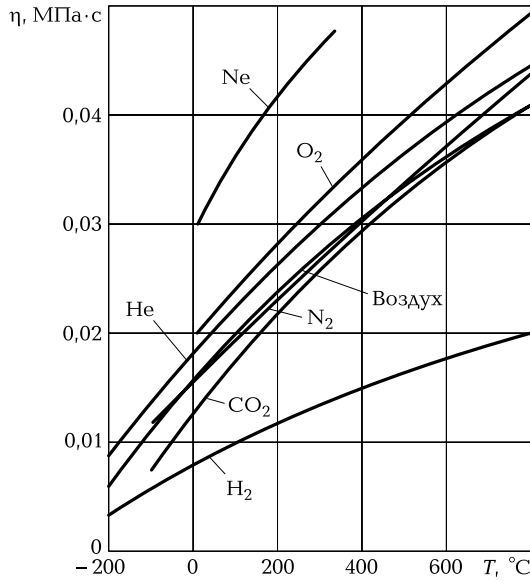


Рис. 1.2. Вязкостно-температурные характеристики некоторых газов при атмосферном давлении

к увеличению несущей способности смазочного слоя. Этим газовая смазка отличается от жидкостной: несущая способность масляного слоя при повышении температуры уменьшается. Газовая смазка используется в узлах трения точных приборов, аппаратуре трения ядерных установок, ультрацентрифугах, ультразвуковых генераторах, газовых турбинах и т. д.

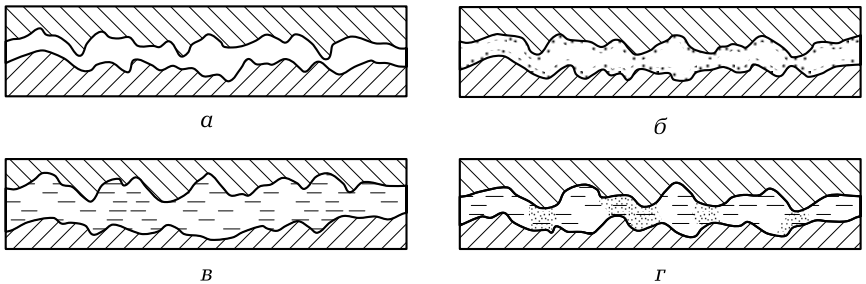


Рис. 1.3. Схематичное изображение основных видов трения: а — сухое; б — граничное; в — жидкостное; г — смешанное

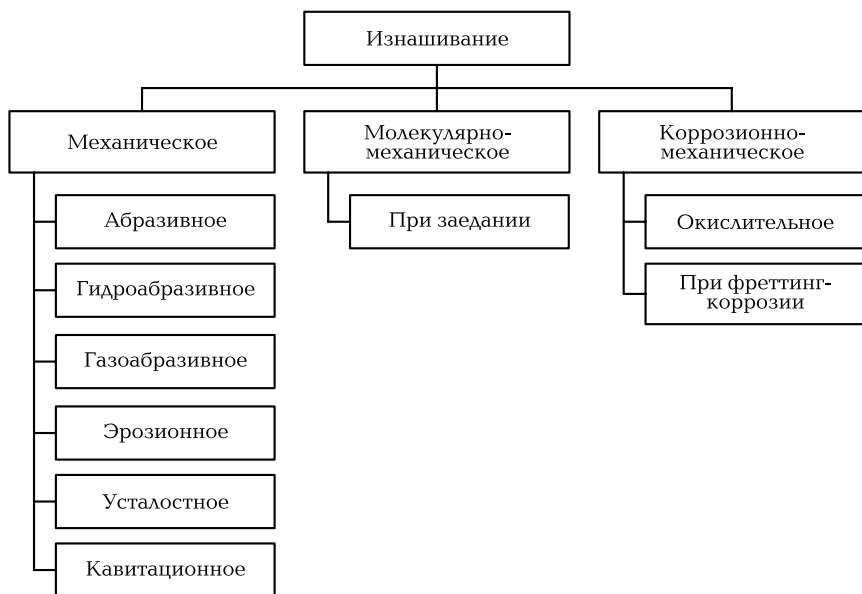


Рис. 1.4. Виды изнашивания в машинах

Схематично основные виды трения представлены на рис. 1.3.

Независимо от степени совершенства машины и качества СМ изнашивание ее деталей при эксплуатации неизбежно. **Изнашивание** (ГОСТ 27674—88) — это процесс отделения металла с поверхности твердого тела, проявляющийся в постепенном изменении размеров или формы тела. Различают механическое (абразивное), молекулярно- и коррозионно-механическое изнашивание (рис. 1.4).

Изучением проблем трения, изнашивания и смазки контактирующих поверхностей занимается трибология [13], триботехника [3] и химмотология [5].

Трибология — это наука о трении, изнашивании, смазке и взаимодействии контактирующих поверхностей при их взаимном перемещении.

Триботехника — это прикладной раздел трибологии, связанный с расчетом, проектированием, изготовлением, испытанием, эксплуатацией и ремонтом узлов трения механизмов и машин.

Химмотология — это наука о свойствах, качестве и рациональном применении топлива, смазочных материалов и технических жидкостей.

1.3. ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ТРЕБОВАНИЯ К НИМ

Смазочные материалы должны сохранять свои свойства во всем диапазоне условий эксплуатации и оказывать минимальное отрицательное воздействие на окружающую среду.

Основными функциями СМ являются:

- снижение трения между сопряженными поверхностями;
- предотвращение или уменьшение изнашивания трущихся поверхностей деталей и предотвращение заедания узла трения;
- обеспечение отвода теплоты из зоны контакта;
- смывание, удержание во взвешенном состоянии и унос продуктов изнашивания или коррозии для последующего их фильтрования;
- защита поверхностей трения от коррозии при воздействии внешней среды;
- уплотнение зазоров.

В процессе эксплуатации СМ подвергаются воздействию следующих факторов: высокие температуры, контакт с кислородом воздуха, каталитическое воздействие металлов и сплавов, высокие удельные нагрузки в узлах трения, изменение скоростного режима движения масла и режима работы механизма. В соответствии с функциональным назначением, условиями и режимами работы СМ к ним предъявляются определенные требования, исходя из которых устанавливается пригодность этих материалов для конкретного узла или механизма.

Смазочные материалы должны обладать:

- соответствующими вязкостью и индексом вязкости;
- высокой термоокислительной стабильностью;
- хорошими противоизносными свойствами;
- коррозионной стойкостью;
- хорошей прокачиваемостью при различных температурах.

Также СМ не должны образовывать на поверхностях деталей различных отложений, должны обеспечивать максимально возможный срок службы до замены и быть совместимыми.

Согласно ISO 6743-0-81 (ГОСТ 28549.0—90 «Смазочные материалы, индустриальные масла и родственные продукты») СМ, относящиеся к классу L (см. табл. В.1), обозначают набором символов, например ISO—L—HL—32, где HL — категория материалов (буква H указывает группу СМ, предназначенных для гидравлических систем); 32 — обозначение класса вязкости, установленное международным стандартом.

Классификация СМ по области применения, в соответствии с указанными стандартами включающая в себя 18 групп продуктов, представлена в табл. 1.2 [11].

Смазочные материалы классифицируют также по виду исходного сырья, агрегатному состоянию, назначению и температурным условиям применения.

По виду исходного сырья различают следующие СМ:

- минеральные (нефтяные), которые по способу получения подразделяются на дистиллятные, остаточные, компаундированные и смешанные;
- органические растительные (касторовое, горчичное, рапсовое и сурепное масла) и животные (баранье, свиное и говяжье сало, технический рыбий жир, костное и спермацетовое масла и др.);
- синтетические (получаемые из исходного сырья разного вида каталитической полимеризацией, синтезом кремнийорганических соединений и другими методами).

По агрегатному состоянию СМ подразделяют:

- на смазочные масла, в обычных условиях являющиеся жидкостями, обладающими текучестью;
- пластичные смазки, которые в обычных условиях находятся в мазеобразном состоянии;
- твердые СМ, не изменяющие своего состояния под действием температуры и давления;
- газообразные СМ (в основном инертные газы).

По назначению различают следующие виды масел:

- моторные, предназначенные для двигателей внутреннего сгорания;

Таблица 1.2. Классификация смазочных материалов класса L

Группа	Область применения
A	Открытые системы смазки
B	Смазывание литейных форм
C	Зубчатые передачи
D	Компрессоры (холодильные машины и вакуумные насосы)
E	Двигатели внутреннего сгорания
F	Шпиндели, подшипники и сопряженные соединения
G	Направляющие скольжения
H	Гидравлические системы
M	Механическая обработка металлов
N	Электроизоляция
P	Пневматические инструменты
Q	Системы терморегулирования
R	Временная защита от коррозии
T	Турбины
U	Термическая обработка
X	Области, требующие использования пластичных СМ
Y	Прочие области применения
Z	Цилиндры паровых машин

- трансмиссионные, применяемые в трансмиссиях автотракторной техники;
- гидравлические, используемые в гидравлических системах различных машин;
- индустриальные, предназначенные для станков, оборудования, приборов (компрессорные, турбинные, приборные, цилиндрические, электроизоляционные, трансформаторные, конденсаторные, кабельные, вакуумные, белые).

По температурным условиям применения масла подразделяют:

- на низкотемпературные, используемые при температурах не выше 60 °С (приборные, кабельные и др.);
- среднетемпературные, применяемые при температурах 150... 200 °С (турбинные, компрессорные, цилиндрические и др.);
- высокотемпературные, предназначенные для узлов, подвергающихся воздействию температур от 300 °С и выше (моторные, трансмиссионные).

В зависимости от конструкции, технологии изготовления и условий работы узла трения или агрегата (скорость, рабочая температура, нагрузка, агрессивность среды) следует применять смазочные масла, обладающие определенными эксплуатационными свойствами.

Смазочное масло (ГОСТ 27674, ISO 1998/1) представляет собой нефтяное или синтетическое масло, используемое в качестве СМ для уменьшения трения между движущимися поверхностями. Основные эксплуатационные свойства и показатели качества смазочных масел приведены в Приложении (табл. П.1).

Эксплуатационные свойства смазочного масла — это комплекс свойств, характеризующих его способность выполнять свои функции в установленных нормативной документацией условиях в течение времени, заданного изготовителем техники.

Физико-химические свойства — это составная часть эксплуатационных свойств смазочного масла, характеризующая совокупность однородных явлений, определяемых лабораторным путем. Международные и национальные стандарты, устанавливающие основные методы оценки физико-химических свойств смазочных масел, приведены в приложении (табл. П.2).

Во всем многообразии смазочных масел, используемых в технике, наиболее сложными по структуре, энергоемкими в производстве и дорогостоящими являются моторные масла.