

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра лесных машин и технологии лесозаготовок

---

---

# **СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ УЗЛОВ ТРЕНИЯ ЛЕСНЫХ МАШИН**

---

---

Методические указания  
для студентов специальностей  
1-46 01 01 «Лесоинженерное дело»,  
1-36 05 01 «Машины и оборудование  
лесного комплекса»

Минск 2012

УДК 665.7; 630\*37(075.8)

ББК 30.82; 43.904я75

C50

Рассмотрены и рекомендованы к изданию редакционно-издательским советом университета

С о с т а в и т е л и :

*В. А. Демидов, В. А. Симанович,*

*С. Е. Арико*

Р е ц е н з е н т

кандидат технических наук, доцент,

заведующий кафедрой деталей машин и ПТУ

Белорусского государственного технологического университета

*С. Е. Бельский*

По тематическому плану изданий учебно-методической литературы университета на 2012 год. Поз. 39.

Для студентов специальностей 1-46 01 01 «Лесоинженерное дело», 1-36 05 01 «Машины и оборудование лесного комплекса».

© УО «Белорусский государственный  
технологический университет», 2012

---

---

# ВВЕДЕНИЕ

---

---

Лесозаготовительная отрасль Республики Беларусь в настоящее время оснащена большим количеством техники отечественного и зарубежного производства.

Состояние машин и оборудования зависит не только от их технического уровня, соблюдения правил эксплуатации, но и от организации, технологии и качества выполнения работ при диагностировании, техническом обслуживании и ремонте. Для этого необходимы квалифицированные кадры, соответствующая ремонтно-сервисная база, оснащенная специальным оборудованием, диагностическими средствами и инструментами.

Учебным планом подготовки инженеров-механиков для лесной промышленности и лесного хозяйства предусматривается изучение дисциплины «Сервисное обслуживание и техническая эксплуатация лесопромышленного оборудования», инженеров-технологов – «Эксплуатация и ремонт оборудования отрасли». Это позволит будущим специалистам правильно организовать эксплуатацию лесозаготовительного оборудования, своевременно и качественно в условиях лесозаготовительных предприятий проводить техническое обслуживание и ремонт, так как надежность и долговечность их во многом определяется правильной организацией технической эксплуатации.

В Республике Беларусь действует Положение о техническом обслуживании и ремонте лесозаготовительного оборудования, которое регламентирует требования к техническому обслуживанию и ремонту. Периодичность и объем работ по техническому обслуживанию специализированных машин устанавливается руководством по их эксплуатации. Перечень операций и объем работ, предусмотренный инструкцией завода-изготовителя, сокращать без предварительной диагностики запрещается. Эксплуатационные свойства смазочных материалов должны сохраняться на протяжении всего ресурса работы узла либо до достижения наработки, соответствующей очередному техническому обслуживанию или текущему ремонту. При этом к сфере использования пластичных смазок следует отнести узлы трения, в которых нецелесообразно или невозможно применять масла.

При написании методических указаний использовались действующие международные стандарты, термины и обозначения, позволяющие сопоставлять свойства пластичных смазок, маркируемых по различным системам классификации.

---

---

# 1. ОБЩИЙ РАЗДЕЛ

---

---

На предприятиях лесного комплекса сервисное обслуживание машин, механизмов и оборудования производится по планово-предупредительной системе, при которой каждая машина после наработки определенного количества часов или километров пробега проходит один из видов технического воздействия.

Сервисное техническое обслуживание (ТО) автомобиля или трактора включает заправочные, смазочные, контрольно-диагностические, регулировочные, шинные и прочие работы. Периодичность выполнения операций технического обслуживания зависит от вида ТО, конструкции машины и особенностей ее эксплуатации.

При проведении технических воздействий различного вида выполняется большое количество работ по смазке ответственных узлов трения машин и устанавливаемого технологического оборудования. Данные работы сопровождаются применением пластичных смазок в разных узлах машин, работающих в условиях трения качения и скольжения. К ним можно отнести подшипники качения ступиц колес, водяного насоса, карданных шарниров, подшипники скольжения шарниров подвески и рулевого управления, пары трения скольжения вспомогательного оборудования кузова и кабины (замки дверей, подъемники стекол, стеклоочистители и т. д.). Эксплуатация каждого узла имеет свои особенности, в зависимости от которых определяются специфические требования к смазочному материалу.

В соответствии с современными представлениями о механизме работы пластичных смазок их необходимо рассматривать как равноправный элемент конструкции системы узел – смазка. Роль пластичной смазки заключается в обеспечении надежности системы путем оптимизации режима смазывания в течение заданного ресурса в заданных условиях эксплуатации. Только в этом случае максимально могут быть реализованы потенциальные возможности системы узел – смазка.

Ранее [1] были рассмотрены особенности и режимы работы узлов трения машин, смазываемых пластичными смазками, а также влияние состава смазки на эксплуатационные свойства трущихся деталей.

На сегодняшний день рынок предлагает большое количество пластичных смазок, в том числе и зарубежных производителей. Только в России ежегодно производится около 150 наименований пластичных материалов объемом 45–50 тыс. т.

---

---

---

---

## 2. КЛАССИФИКАЦИЯ И МАРКИРОВКА ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОК

---

---

### 2.1. Система классификации по ГОСТ 23258-78

Пластичные смазки по консистенции занимают промежуточное положение между маслами и твердыми смазочными материалами (графитами). Благоприятное сочетание свойств жидкости и твердого тела позволяет использовать их в разнообразных узлах трения: открытых, негерметизированных, труднодоступных, расположенных под углом к горизонту, работающих в широких диапазонах температур и скоростей, а также в вакууме, в механизмах с редко сменяемыми смазками, при недопустимости загрязнения ими среды или попадания на детали и перерабатываемые материалы, при вынужденном контакте с водой и др.

Свойства пластичных смазок определяют их преимущества перед жидкими смазочными материалами: малый удельный расход (иногда в сотни раз меньший), возможность создания более простых конструкций машин и механизмов, большой «межсмазочный» период их эксплуатации и значительно более низкие затраты на обслуживание.

В настоящее время существует единая классификация пластичных смазок по: консистенции (густоте); типу масла (основы); природе загустителя и области применения.

**По консистенции** смазки разделяют на полужидкие, пластичные и твердые.

*Пластичные и полужидкие смазки* представляют собой коллоидные системы, состоящие из дисперсионной среды, дисперсной фазы, а также присадок и добавок. Наибольшее применение пластичные смазки получили в подшипниках качения и скольжения, шарнирах, зубчатых, винтовых и цепных передачах, многожильных тросах. Самыми существенными, влияющими на эффективность применения пластичных смазок, являются следующие факторы:

- особенности узлов трения и условия эксплуатации смазок (температура, нагрузка, скорость перемещения трущихся пар);
  - совместимость смазок с конструктивными материалами;
- 
-

• совместимость смазок друг с другом при их возможном смешивании.

*Твердые смазки* до отверждения являются суспензиями, дисперсионной средой в которых служит смола или другое вязущее вещество и растворитель, а загустителем – дисульфид молибдена, графит, технический углерод и т. п. После отверждения (испарения растворителя) твердые смазки представляют собой золи, обладающие всеми свойствами твердых тел и характеризующиеся низким коэффициентом сухого трения.

Смазки в зависимости от типа основы бывают на минеральных, синтетических и растительных маслах, а также на смесях, в основном, минерального и синтетического происхождения.

**По природе загустителя** смазки разделяют на четыре группы.

*Мыльные смазки*, для получения которых в качестве загустителя используют мыла (соли высших карбоновых кислот). В зависимости от катиона мыла их разделяют: литиевые (Li), натриевые (Na), алюминиевые (Al), кальциевые (Ca), цинковые (Zn), свинцовые (Pb) и др. Катион мыла оказывает влияние на температурный диапазон применения (рис. 2.1).

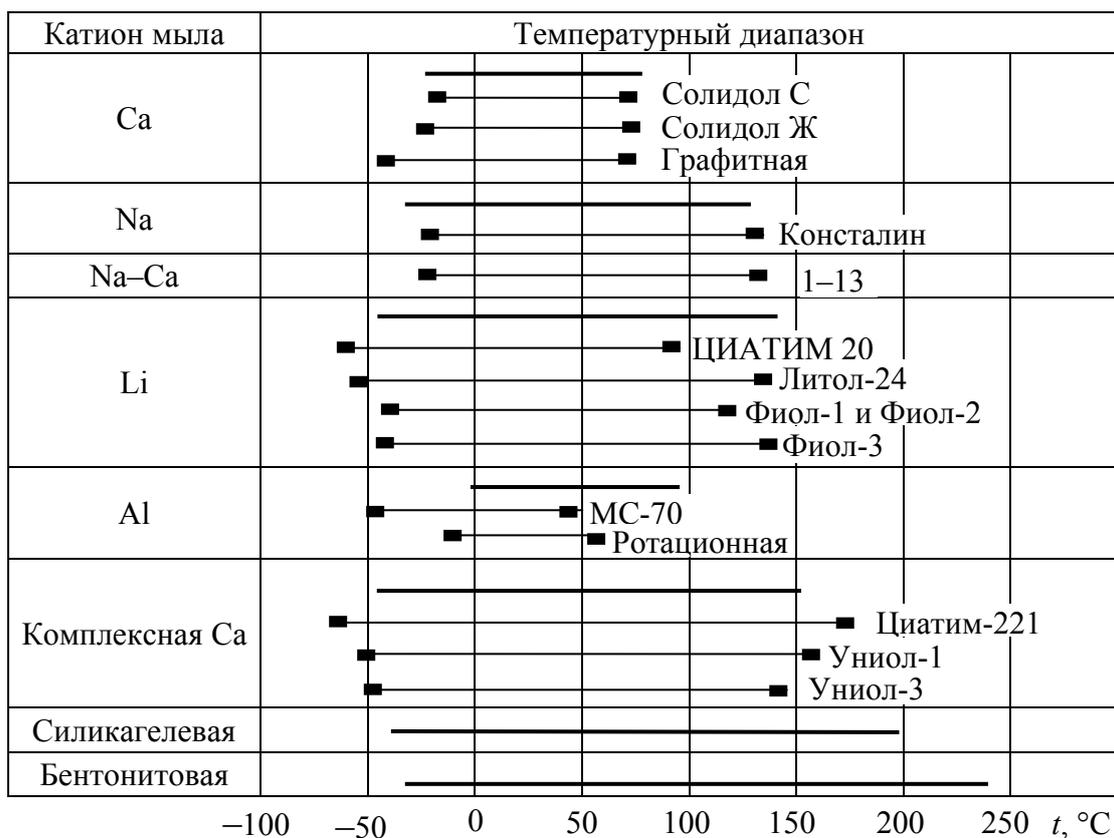


Рис. 2.1. Диапазон рабочих температур эксплуатации различных типов смазок

В зависимости от аниона мыла смазки одного и того же катиона разделяют на обычные и комплексные (к). Интервал температур работоспособности комплексных смазок значительно шире, чем обычных. Среди комплексных наиболее распространены кальциевые, литиевые, алюминиевые, натриевые, бариевые. Кальциевые смазки, в свою очередь, разделяют на безводные, гидратированные и комплексные. В отдельную группу входят смазки на смешанных мылах, в которых в качестве загустителя используют смесь мыл (литиево-кальциевые, натриево-кальциевые и др.). Первым указывается катион мыла, доля которого в загустителе больше.

Мыльные смазки в зависимости от применяемого для их получения жирового сырья называют условно *синтетическими* (анион мыла – радикал синтетических жирных кислот) или *жировыми* (анион мыла – радикал природных жирных кислот), например, *синтетические* или *жировые солидолы*.

На мыльные приходится более 80% всего производства смазок.

*Углеводородные смазки* – смазки, для получения которых в качестве загустителей используют высокоплавкие углеводороды (петролатум, церезин, парафин, различные природные и синтетические воски).

*Органические смазки* – смазки, для получения которых в качестве загустителя используют термостабильные, высокодисперсные органические вещества (сажу, полимочевину, полимеры и др.).

*Неорганические смазки* – смазки, для получения которых в качестве загустителя используют термостабильные с хорошо развитой удельной поверхностью высокодисперсные неорганические вещества. К ним относятся силикагелевые, бентонитовые, графитные и другие загустители.

**По области применения** пластичные смазки в соответствии с ГОСТ 23258-78 «Смазки пластичные. Наименование и обозначения» подразделяются на: *антифрикционные, консервационные, уплотнительные и канатные*. Каждая из групп разбита на подгруппы (табл. 2.1).

В зависимости от сферы использования смазки делятся на смазки *общего назначения, многоцелевые и специализированные*.

По работоспособности в различных температурных условиях пластичные смазки могут быть: *работоспособными в умеренной климатической зоне, термостойкими и низкостойкими (морозостойкими)*.

Классификация пластичных смазок и область их применения в соответствии с ГОСТ 23258-78 приведены в табл. 2.1.

**Классификация пластичных смазок в соответствии с ГОСТ 23258-78**

Группа и подгруппа	Индекс	Область применения
<b>Антифрикционные</b> (снижение износа и трения сопряженных деталей)		
Общего назначения для обычных температур	<b>С</b>	Узлы трения с рабочей температурой до 70°C
Общего назначения для повышенных температур	<b>О</b>	Узлы трения с рабочей температурой до 110°C
Многоцелевые	<b>М</b>	Узлы трения с рабочей температурой от -30 до +130°C в условиях повышенной влажности среды; в мощных механизмах сохраняют работоспособность до -40°C
Термостойкие	<b>Ж</b>	Узлы трения с рабочей температурой $\geq 150^\circ\text{C}$
Низкостойкие (морозостойкие)	<b>Н</b>	Узлы трения с рабочей температурой $\leq -40^\circ\text{C}$
Противозадирные и противоизносные	<b>И</b>	Подшипники качения при контактных напряжениях более 250 кПа и подшипники скольжения при удельных нагрузках $\geq 15$ кПа; содержат противозадирные и противоизносные присадки или твердые добавки
Химически стойкие	<b>Х</b>	Узлы трения, имеющие контакт с агрессивными средами
Приборные	<b>П</b>	Узлы трения приборов и точных механизмов
Редукторные (трансмиссионные)	<b>Т</b>	Зубчатые и винтовые передачи всех видов
Прирабочные пасты	<b>Д</b>	Сопряжения поверхности с целью облегчения сборки, предотвращение задиров и ускорение приработки
Узкоспециализированные (отраслевые)	<b>У</b>	Узлы трения, смазки для которых должны удовлетворять дополнительным требованиям, не предусмотренным в вышеперечисленных подгруппах (прокачиваемость, эмульгируемость, искрогашение и т. д.)
Брикетные	<b>Б</b>	Узлы и поверхности скольжения с устройствами для использования смазки в виде брикетов
<b>Консервационные</b> (предотвращение коррозии металлических изделий и механизмов при хранении, транспортировке и эксплуатации)		
Консервационные	<b>З</b>	Металлические изделия и механизмы всех видов, за исключением стальных канатов и случаев, требующих использования консервационных масел или твердых покрытий

Группа и подгруппа	Индекс	Область применения
<b>Уплотнительные</b> (герметизация зазоров, облегчение сборки и разборки арматуры, сальниковых устройств, резьбовых, разъемных и подвижных соединений, в том числе вакуумных систем)		
Арматурные	<b>А</b>	Запорная арматура и сальниковые устройства
Резьбовые	<b>Р</b>	Резьбовые соединения
Вакуумные	<b>В</b>	Подвижные и разъемные соединения и уплотнения вакуумных систем
<b>Канатные</b> (предотвращение износа и коррозии стальных канатов)		
Канатные	<b>К</b>	Стальные канаты, органические сердечники канатов

За рубежом фирмы-производители вводят наименования смазок произвольно ввиду отсутствия единой для всех классификации по эксплуатационным показателям (за исключением классификации по консистенции). Это привело к появлению огромного ассортимента пластичных смазок (по различным оценкам несколько тысяч наименований).

В СССР до 1979 г. наименование смазок устанавливали произвольно. В результате одни смазки получили словесное название (Солидол-С), другие – номер (№ 158), третьи – обозначение создавшего их учреждения (ЦИАТИМ – 201, ВНИИНП – 242) и т. д. В 1979 г. был введен ГОСТ 23258-78, который действует и в настоящее время.

Данный ГОСТ точно указывает состав смазки, назначение и основные свойства. Все смазки, изготовленные в странах СНГ, имеют свое техническое название и номер стандарта – технические условия, по которым изготовлены.

По этому стандарту *название* или *марка* смазки должно состоять из одного слова, а ее модификации могут обозначаться буквенными и цифровыми индексами. Каждой смазке присваивается *обозначение – код* в буквах и в цифрах, отражающий ее назначение, состав и свойства. Код смазки состоит из пяти буквенных и цифровых индексов, указывающих на:

- *группу или подгруппу* назначения смазки, обозначаемую прописными буквами русского алфавита (табл. 2.1);
- *тип загустителя*, который обозначается буквами русского алфавита в соответствии с индексами, приведенными в табл. 2.2. Комплексное мыло обозначают буквой «к» русского алфавита,

после которой указывают индекс соответствующего мыла (кКа, кБа и т. д.).

Смесь двух и более загустителей обозначают составными индексами (Ка–На, Ли–Бн, Си–Пг и т. д.).

Индексы М, О, Н применяются только в тех случаях, когда загуститель, входящий в одну из подгрупп (мыла, органические вещества, неорганические вещества), не предусмотрен табл. 2.2.

Таблица 2.2

Типы и индексы загустителей смазок

Загуститель	Индекс	Загуститель	Индекс
<b>Мыло:</b>	М	Твердые углеводороды	Т
алюминиевое	Ал	<b>Органические вещества:</b>	О
бариевое	Ба	пигменты	Пг
кальциевое	Ка	полимеры	Пм
литиевое	Ли	уретаны	Ур
натриевое	На	фторопласты	Фу
свинцовое	Св	<b>Неорганические вещества:</b>	Н
цинковое	Цн	глины (бентонит и др.)	Бн
комплексное	кМ	сажа	Сж
смесь мыл	М <sub>1</sub> –М <sub>2</sub>	силикагель	Си

- рекомендуемый *интервал рабочей температуры* – в числителе указывается минимальная рабочая температура (в десятках градусов, без минуса), а в знаменателе – максимальная рабочая температура (в десятках градусов). Например, 3/12 означает, что смазка работоспособна от –30 до +120°С. Рекомендуемый температурный интервал использования имеет ориентировочный характер, так как допустимые температуры применения зависят не только от свойств смазки, но и от конструкции, условий работы (скорость, нагрузка, срок смены смазки) смазываемого узла трения, механизма и т. п.;

- *дисперсионную среду* – базовое масло, обозначенное строчной буквой русского алфавита (табл. 2.3). Если смазка изготовлена на основе одного минерального масла, его обозначение опускается, а если на основе двух масел, то рядом приводятся два соответствующих обозначения («нк», «уэ» и т. д.). На первом месте ставится индекс масла, входящего в состав дисперсионной среды в большей концентрации. Индекс «п» применяют в тех случаях, когда входящее в состав дисперсионной среды синтетическое или иное масло не предусмотрено перечнем табл. 2.3.

Таблица 2.3

**Типы и индексы дисперсионной среды (масла)**

Дисперсионная среда	Индекс
Минеральное масло	н
Синтетические углеводороды	у
Силиконовые жидкости	к
Эфиры	э
Галогенуглеводородные жидкости	ж
Фторсилоксаны	ф
Перфторалкиловые полиэфиры	а
Другие масла и жидкости	п

• *твердые присадки*, если такие имеются в смазке, тоже обозначаются строчной буквой русского алфавита и отделяются черточкой от впереди стоящего знака. Обозначения твердых присадок приведены в табл. 2.4.

Таблица 2.4

**Индексы твердых присадок**

Твердые присадки	Индекс
Графит	г
Дисульфид молибдена	д
Порошок:	
свинцовый	с
медный	м
цинковый	ц
Другие твердые присадки	т

• *индекс класса консистенции*, который определяется по пенетрации смазки, как и номера консистенции по NLGI, в ГОСТ дополнительно введен класс консистенции 7, пенетрация которой <70. Индекс класса консистенции смазки обозначают арабскими цифрами в соответствии с табл. 2.5.

Консистенцию смазки обозначают условным числом от 00 до 7. Необходимо отметить, что практически во всех национальных системах классификации показатель консистенции является одним из важнейших.

Из табл. 2.5 видно, что смазки разделены на классы, обозначенные индексами от 000 до 6 (числа NLGI), причем чем ниже индекс, тем мягче смазка. Диапазон каждого класса равен 30, а интервал между ними составляет 45 единиц. Практикой применения смазок доказано, что диапазоны выбраны обоснованно и что классы конси-

стенции позволяют рекомендовать использовать смазки в различных типах узлов трения.

Таблица 2.5

**Классы консистенции**

Индекс класса консистенции по ГОСТ 23258-78	Класс пенетрации по NLGI, No	Пенетрация после перемешивания, 60 двойных ходов, ед.	Состояние смазки	Применение смазки
–	000	445–475	Как вязкое масло	Для централизованного смазывания и для смазывания передач и шестерен
00	00	400–430	Полужидкая	Для смазывания подшипников скольжения и качения
0	0	355–385	Очень мягкая	
1	1	310–340	Очень мягкая	
2	2	265–295	Мягкая смазка	
3	3	220–250	Густоватая	Для создания герметичности
4	4	175–205	Густая	
5	5	130–160	Очень густая	
6	6	85–115	Очень густая	
7	–	Менее 70	Как мыло	

**Примеры обозначений смазок в соответствии с ГОСТ 23258-78:**

**СКа 2/8-2** – буква «С» обозначает смазку общего назначения для обычных температур (солидол); «Ка» – загущена кальциевым мылом; «2/8» – предназначена для применения при температурах от –20 до +80°С (вязкость смазки при –20°С близка к 2000 Па·с (20 000 П); отсутствие индекса дисперсионной среды – приготовлена на нефтяном масле; «-» – твердые присадки отсутствуют; «2» – пенетрация 265–295 при 25°С.

**МЛи 3/13-3** – буква «М» обозначает многоцелевую смазку, антифрикционную, работоспособную в условиях повышенной влажности; «Ли» – загущена литиевым мылом; «3/13» – предназначена для применения от –30 до +130°С; отсутствие индекса дисперсионной среды – приготовлена на нефтяном масле; «-» – твердые присадки отсутствуют; «3» – пенетрация 220–250 при 25°С.

**УНа 3/12 э3** – буква «У» обозначает узкоспециализированную смазку; «На» – загущена натриевым мылом; «3/12» – предназначена для применения при температурах от –30 до +120°С; «э» – приготовлена на сложном эфире; «3» – пенетрация 220–250 при 25°С.

**КТ 6/5 к-г4** – буква «К» обозначает канатную смазку; «Т» – загущена твердыми углеводородами; «6/5» – предназначена для применения при температурах от  $-60$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ ; «к» – приготовлена на кремнийорганической жидкости; «г» (после дефиса) – содержит твердую добавку графит; «4» – пенетрация 175–205 при  $25^{\circ}\text{C}$ .

**АЦн 0/4 п7** – буква «А» обозначает арматурную смазку; «Цн» – загущена цинковым мылом; «0/4» – предназначена для применения при температурах от 0 до  $+40^{\circ}\text{C}$ ; «п» – приготовлена на масле, тип которого не предусмотрен перечнем табл. 2.3; «7» – пенетрация ниже 70 при  $25^{\circ}\text{C}$ .

**Она-Ка 3/11-2** – буква «О» обозначает смазку общего назначения для повышенных температур; «На-Ка» загущена натриевым мылом с добавлением кальциевого; «3/11» – температурный интервал работоспособности от  $-30$  до  $+110^{\circ}\text{C}$ ; отсутствие индекса дисперсионной среды – приготовлена на нефтяном масле; «-» – твердые присадки отсутствуют; «2» – пенетрация 265–295 единиц при  $25^{\circ}\text{C}$ .

## 2.2. Международные классификации смазок

По европейским стандартам автомобильные смазки не выделяются в отдельную группу, но на практике производители нефтепродуктов могут ставить их в отдельную ассортиментную группу. В Америке автомобильные смазки выделяют официально и описывают в нормативных документах. Смазки, поступающие в торговую сеть, называют *сервисными смазками (Service Greases)*, отличая их от смазок, которыми заполняются узлы трения на заводах при выпуске автомобилей.

Эксплуатационные группы смазок и специфические требования к их качеству изложены в стандартах и рекомендациях. Например, «NLGI руководящие указания по смазыванию подшипников колес грузовых автомобилей (*NLGI Recommended Practice for Grease Lubricated Truck Wheel Bearings*)».

В стандарте ASTM D 4950-98, созданном совместно с ASTM, NLGI и SAE, приводится классификация автомобильных смазок по двум основным эксплуатационным группам:

- *сервисные смазки для ходовой части*, обозначаемые по системе NLGI буквой «L»;
- *сервисные смазки для подшипников колес*, обозначаемые по системе NLGI буквой «G».

Эти группы смазок разделяются на *категории качества автомобильных смазок* в зависимости от гарантируемых показателей качества и обозначаются соответствующим *знаком NLGI*.

**2.2.1. Американская система классификации NLGI для пластичных смазок. По области применения.** Для узлов трения автомобилей и тракторов пластичные смазки разделяют на две группы, а каждая из этих групп имеет свои классы качества по эксплуатационным свойствам.

*Первая группа* – это *смазки, отвечающие требованиям для подшипников колес*. Данная группа имеет три класса качества и следующие обозначения:

- GA – плавные ненагруженные, мягкие условия эксплуатации;
- GB – средние нагрузки, типичные для большинства дорожных автомобилей;
- GC – переменные ударные нагрузки при высоких температурах, жесткие условия эксплуатации.

*Вторая группа* – это *смазки для шасси*. Она имеет два класса качества и следующие обозначения:

- LA – частая замена смазки, ненагруженные, мягкие условия эксплуатации;
- LB – редкая замена смазки, высокие нагрузки, контакт с водой и пылью, жесткие условия эксплуатации.

*Смазки категории NLGI LA* используются для смазывания элементов ходовой части и шарнирных соединений автомобилей, а также других транспортных средств с легким режимом работы.

*Требования к качеству*. Смазки должны удовлетворительно смазывать элементы ходовой части и шарнирные соединения, быть стойкими к окислению и изменению консистенции, а также охранять шарниры, элементы ходовой части от коррозии и износа в условиях малой нагрузки. Обычно рекомендуются смазки консистенции NLGI 2, но могут быть использованы смазки и других степеней NLGI.

*Смазки категории NLGI LB* используются для смазывания элементов ходовой части и шарнирных соединений транспортных средств, работающих в условиях как легкого, так и тяжелого режимов. Тяжелым называется такой режим, при котором имеют место большие интервалы между заменами смазки, значительные нагрузки, вибрации, воздействия воды или других загрязнений. Это смазки высшего качества для ходовой части.

*Требования к качеству.* Смазки должны удовлетворительно смазывать элементы ходовой части и шарнирные соединения при температуре от  $-40$  до  $+120^{\circ}\text{C}$  при больших интервалах между их заменами. Они должны быть стойкими к окислению и изменению консистенции, охранять элементы ходовой части и шарниры от коррозии и износа даже под воздействием грязи и больших нагрузок. Обычно рекомендуются смазки консистенции NLGI 2, но также могут быть использованы смазки и других степеней NLGI.

*Смазки категории NLGI GA* применяются для смазывания подшипников колес легковых автомобилей, грузовиков и других транспортных средств, работающих в легком режиме при частой замене смазки в обычных условиях эксплуатации.

*Требования к качеству.* Смазки должны удовлетворительно смазывать подшипники при ограниченной температуре от  $-20$  до  $+70^{\circ}\text{C}$ . Дополнительных требований нет.

*Смазки категории NLGI GB* используются для смазывания подшипников колес легковых автомобилей, грузовиков и других транспортных средств, работающих как в легком, так и в умеренном режиме. Умеренный режим – это обычные условия эксплуатации, которые бывают у большинства машин.

*Требования к качеству.* Смазки должны удовлетворительно смазывать подшипники в интервале температур от  $-40$  до  $+120^{\circ}\text{C}$  и даже до  $+160^{\circ}\text{C}$ . Они должны быть стойкими к окислению, испарению, изменению консистенции, хорошо защищать подшипники от коррозии и износа. Обычно рекомендуются смазки консистенции NLGI 2, но также могут быть применены смазки других степеней NLGI (NLGI 1 и NLGI 3).

*Смазки категории NLGI GC* используются для смазывания подшипников колес транспортных средств, работающих как в легком, так и в тяжелом режиме. Тяжелый режим встречается в машинах, подшипники которых нагреваются до высокой температуры. Это транспортные средства с дисковыми тормозами, работающие в «стоп – старт» режиме (автобусы, такси и т. д.) или в режиме тяжелого торможения (буксировка, езда в горах и т. д.). Это смазки высшего качества для подшипников колес.

*Требования к качеству.* Смазки должны удовлетворительно смазывать подшипники в интервале температур от  $-40$  до  $+160^{\circ}\text{C}$  и даже до  $+200^{\circ}\text{C}$ . Они должны быть стойкими к окислению, испарению, изменению консистенции, хорошо защищать подшипники от коррозии и износа. Обычно рекомендуются смазки конси-

стенции NLGI 2, но также могут применяться смазки NLGI 1 и NLGI 3.

Для обозначения категории смазок NLGI использует знак – символ NLGI, который присваивается лишь смазкам наивысшей категории: GC, LB и GC-LB (рис. 2.2). Смазки других категорий этим знаком не обозначаются, только на этикетке или описании обычно указываются символы категории NLGI GA, NLGI GB и NLGI LA.



Рис. 2.2. Знаки соответствия категориям NLGI

Все смазки категорий NLGI (LA, LB, GA, GB, GC) проходят обязательные испытания на соответствие требованиям к показателям качества (пенетрация, температура каплепадения, вымывание водой, температура выделения масла, предохранение от ржавления, износ на ЧШМТ, предельное давление на ЧШМТ, стойкость к высокой температуре, питтинговый износ, совместимость с эластомерами, текучесть, низкотемпературный момент вращения) для ходовой части и подшипников колес по SAE J310 JUN93.

Все виды пластичных смазок обладают определенными качествами, заложенными при изготовлении и несущими об этом информацию в спецификации производителя. Для облегчения выбора применения производители могут в названии смазки дополнительно указывать наиболее отличительные качества данного продукта. Так, в состав пластичных смазок, имеющих в своих обозначениях буквы EP, введены *противозадирные присадки*. Буквы ХД означают, что в пластичной смазке содержится *дисульфид молибдена*, предназначенный для противоударных и противозадирных нагрузок. Разберем некоторые примеры по расшифровке обозначений в названиях смазок:

- **UNOBA EP GREASE 2 NLGI GC – LB.** UNOBA – это название смазки. Буквы EP говорят, что смазка обладает противозадирными свойствами; цифра 2 определяет уровень пенетрации, в дан-

ном случае – 265–295 единиц (смазка мягкая). Смазка имеет по спецификации NLGI область применения GC – LB. Это означает, что смазка высшего качества может применяться для смазывания подшипников колес и элементов ходовой части машин при тяжелом режиме работы.

• **MEGARPLEX ХД 5 GREASE 2 NLGI GC – LB.** MEGARPLEX – это название смазки. Буквы ХД говорят, что смазка содержит дисульфид молибдена 5%, поэтому обладает противоударными и противозадирными свойствами, идеально подходит для шрусовых соединений любых автомобилей; цифра 2 определяет уровень пенетрации, в данном случае – 265–295 единиц (смазка мягкая). Смазка по спецификации NLGI имеет область применения GC – LB. Это означает, что смазка высшего качества и может применяться для смазывания колесных подшипников и элементов ходовой части машин при тяжелых режимах эксплуатации.

В Европе американская система обозначения автомобильных смазок, основанная на назначении, используется редко, а аналогичной европейской системы нет.

**2.2.2. Система классификации пластичных смазок «Международной организации по стандартизации» ISO.** По международным стандартам требуется, чтобы вещества, особенно те, которые транспортируются, имели такое обозначение, которое бы в первую очередь указывало на само вещество, его опасность и т. д. Единое общепринятое обозначение смазок регламентируется стандартом ISO 6743-9, дополненное отдельными обозначениями некоторых государств для внутренних потребностей. По этому стандарту каждой смазке присваивается знак ISO, состоящий из букв и цифр, в котором указаны основные данные о ней.

*Пример обозначений смазок в соответствии с ISO 6743-9:*

**ISO-L-XBEGV 00** – ISO – инициалы «Международной организации по стандартизации»; L – класс смазочных материалов; X – группа смазочных материалов (пластичные смазки); V – минимальная рабочая температура по табл. 2.6 (V обозначает  $-20^{\circ}\text{C}$ ); E – максимальная рабочая температура по табл. 2.7 (E обозначает  $+160^{\circ}\text{C}$ ); G – уровень защиты от коррозии, определяется по табл. 2.8 (G означает, что смазка вымывается водой и не защищает от коррозии); V – работоспособность смазки при больших нагрузках (V показывает, что смазка может работать в условиях больших нагрузок, включает противозадирные присадки EP); 00 – класс консистенции по NLGI.

---

---

Обозначение ISO 6743-9, созданное «Международной организацией по стандартизации», не получило широкого распространения в описаниях смазок.

Таблица 2.6

**Символы минимальной рабочей температуры смазок по ISO**

Минимальная температура, °C	Символ минимальной температуры
0	A
-20	B
-30	C
-40	D
<-40	E

Таблица 2.7

**Символы максимальной рабочей температуры смазок по ISO**

Максимальная температура, °C	Символ максимальной температуры
60	A
90	B
120	C
140	D
160	E
180	F
>180	G

Таблица 2.8

**Уровень защиты от коррозии**

Среда	Защита от коррозии	Символ
Сухая	L	A
Сухая	M	B
Сухая	H	C
Туман	L	D
Туман	M	E
Туман	H	F
Вымывание водой	L	G
Вымывание водой	M	H
Вымывание водой	H	I

*Примечание.* Степень защиты от коррозии: L – не предохраняет; M – предохраняет от воздействия пресной воды; H – предохраняет от воздействия морской (соленой) воды.

Пластичные смазки европейских нефтекомпаний, изготовленные в Германии и предназначенные для германского рынка,

часто имеют код обозначения по DIN 51 502 («Сокращенное обозначение смазочных материалов, маркировка тары, приборов смазки и места хранения»), которое указывается в описаниях смазок и на упаковочной этикетке. DIN – Deutsches Institut für Normung – Немецкий институт по стандартизации, один из общепризнанных мировых лидеров по разработке стандартов, технических условий, правил и т. п., член международных организаций (ISO, CEN и др.).

**2.2.3. Система классификации пластичных смазок DIN.** Код пластичной смазки по DIN 51 502 состоит из набора букв и цифр: **K PF 3G –20**, где K – назначение смазки (табл. 2.9); PF – присадки или синтетическое базовое масло (табл. 2.10); 3 – класс консистенции по NLGI; G – верхняя температура применения и водостойкости (табл. 2.11); –20 – наиболее низкая температура применения смазки, °C (–20°C).

Таблица 2.9

**Обозначение назначения смазок**

Назначение	Обозначение
Для подшипников качения и скольжения, плоскостей скольжения по DIN 51 825	K
Для закрытых передач по DIN 51 825	G
Для открытых передач	OG
Для подшипников скольжения и уплотнений	M

Таблица 2.10

**Обозначения присадок для пластичных смазок и синтетического базового масла**

Присадки и синтетические базовые масла	Обозначение
Присадка EP	P
Твердый наполнитель	F
Полиэфирное масло	E
Перфторовая жидкость	FK
Синтетические углеводороды	HC
Масло на основе эфира фосфорной кислоты	PH
Полигликолевое масло	PG
Силиконовое масло	SI
Другие масла	X

**Обозначения верхнего предела рабочей температуры  
и водостойкости пластичных смазок**

Обозначение	Верхний предел рабочей температуры, °С	Стойкость к вымыванию водой при температуре, °С, по DIN 51807
C	+60	0 при 40°С или 1 при 40°С
D	+60	2 при 40°С или 3 при 40°С
E	+80	0 при 40°С или 1 при 40°С
F	+80	2 при 40°С или 3 при 40°С
G	+100	0 при 90°С или 1 при 90°С
H	+100	2 при 90°С или 3 при 90°С
K	+120	0 при 90°С или 1 при 90°С
M	+120	2 при 90°С или 3 при 90°С
N	+140	Дополнительно оговаривается
P	+160	»
R	+180	»
S	+200	»
T	+220	»
U	>+220	»

*Примечание.* Степень стойкости к вымыванию водой по DIN 51 807: 0 – без изменений; 1 – малые изменения; 2 – средние изменения; 3 – большие изменения. Вторая цифра (40 или 90) показывает температуру воды.

Этот стандарт пластичных смазок, предназначенных для подшипников качения, дополняется стандартом DIN 51 825 («Пластичные смазки группы К»). Например, обозначения конкретных марок пластичных смазок выглядят следующим образом: KP 1 K-20; KE 2 K-60; KF 2 K-25; KP 2 G-20; KP 2 K-30. Немецкое обозначение DIN 51 825 используется довольно широко, однако не является общепризнанным во всей Европе.

---

---

## 3. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ГРУППЫ ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОК

---

---

Эксплуатационные свойства пластичных смазок зависят от ряда факторов работы узлов машин и оборудования. Знание эксплуатационных параметров нагружения отдельных узлов позволяет на стадии проектирования выбирать состав смазки и регламентировать ее замену в последующем при выполнении плановых технических воздействий.

Отдельные эксплуатационные свойства смазок для узлов трения машин приведены в табл. 3.1

Таблица 3.1

**Оценка свойств смазок для узлов трения машин**

Свойства	Подшипники колес	Шарниры	Ходовая часть	Долговечная смазка	Универсальная смазка
Механическая стабильность	++	+	++	++	++
Высокая рабочая температура	++	+	+	+	++
Стойкость к окислению	++	+	++	++	++
Уменьшение трения износа	+	++	++	++	++
Уменьшение коррозии	+	+	++	++	+
Стойкость к вымыванию	+	+	++	++	+

*Примечание.* Очень важно – (++); важно – (+).

Среди приведенных свойств смазок для узлов трения наиболее важными являются: механическая стабильность и стойкость к окислению. Улучшение других эксплуатационных свойств возможно путем введения присадок.

### **3.1. Эксплуатационные группы отечественных пластичных смазок**

Ассортимент пластичных смазок очень большой. В странах СНГ производят смазки более 200 наименований. Их выпускают

предприятия нефтеперерабатывающей, химической и нефтехимической промышленности, приборостроения, Министерство путей сообщения и др. В данном разделе рассмотрены пластичные смазки, применяемые в узлах трения механизмов и машин. От качества используемой смазки зависят ресурс и надежность работы узлов трения, в которые она закладывается, а также срок смены смазки или ее дозаправки.

Прогрессивным направлением является использование в отдельных узлах долгорботающих или несменяемых смазок (ЛСЦ-15, ЛЗ-31 и др.), которые закладываются на заводах на полный срок работы подшипников. Бессменная работа смазки зависит не только от ее свойств, но и от рациональной конструкции узла трения. При надежной герметизации узла срок службы большей части пластичных смазок в узле может достигать нескольких лет.

Наибольшее применение при эксплуатации автотракторной техники находят антифрикционные и консервационные смазки.

Среди антифрикционных смазок широко используются смазки общего назначения, для повышенных температур, многоцелевые, термостойкие и низкостойкие.

***Смазки общего назначения для обычных температур.*** К этой группе относятся смазки на кальциевой основе. Кальциевыми принято называть смазки, загущенные гидротированными кальциевыми мылами. Они больше известны под названием «Солидолы». Это наиболее массовые и дешевые антифрикционные пластичные смазки.

Солидолы загущают в основном кальциевыми мылами синтетических жирных кислот. Для стабилизации в них вводят 10–20% воды (в пересчете на мыло). Их используют в механизмах, работающих при температурах до 60–70°C и не нуждающихся в особых требованиях к качеству смазки. Они не растворимы в воде, очень водостойки и поэтому хорошо защищают металлические детали от коррозии. Однако при нагревании выше 60–90°C солидолы любого типа теряют работоспособность.

***Смазки общего назначения для повышенных температур*** используются в узлах трения, работающих при температурах от –30 до +100°C. Если применение солидолов невозможно, то используют натриевые и натриево-кальциевые смазки. Они работоспособны до 100–110°C, но имеют недостаток – растворимы в воде.

Для приготовления натриевых и натриево-кальциевых смазок используют естественные жиры, реже – синтетические кислоты.

Достаточно широко применяются в грубых механизмах – листовых рессорах автомобилей; в зубчатых передачах лебедок – графитные смазки, т. е. солидолы, в состав которых введено 5–15% графита.

**Многоцелевые смазки.** Их иногда называют универсальными или многофункциональными. Большинство смазок общего назначения (солидолы, натриевые, натриево-кальциевые) и ряд других могут быть заменены многофункциональными. Их можно применять во всех основных узлах трения разнообразных механизмов. В качестве загустителя в этих смазках чаще всего используют литиевые мыла, добавляют присадки – антиокислительные, вязкостные, антикоррозионные, защитные и др. Эти смазки водостойки и работоспособны в широком интервале скоростей, температур и нагрузок, обладают хорошими консервационными свойствами. Однако они непригодны для замены антифрикционных смазок всех типов.

**Термостойкие смазки** имеют максимальный диапазон температур работоспособности от 150 до 200–250°C в течение десятков и сотен часов. Их изготавливают на дорогостоящих синтетических маслах и специальных загустителях. Поэтому вырабатывают их в небольших количествах, так как при указанных температурах работает ограниченное число механизмов.

**Низкостойкие (низкотемпературные) смазки** относятся к морозостойким и предназначены для применения при температуре до –50°C. Морозостойкость обеспечивается дисперсионной средой – маслом, которое используется для их приготовления. Тип загустителя на морозостойкость смазки почти не влияет. Для получения смазок с такими свойствами применяют масла, имеющие невысокую вязкость при низких температурах (синтетические масла – полисилоксаны, сложные эфиры и др.).

**Консервационные (защитные) смазки** используют для защиты металлических изделий от коррозии. Узлы и агрегаты поставленных на хранение машин без защитных смазок корродируют в 1,5–2 раза быстрее, чем на работающих. В основном это углеводородные смазки, именуемые вазелинами. За рубежом практикуется применение в качестве консервационных смазок петролатума, прошедшего дополнительную очистку.

Вазелины получают сплавлением петролатума с 20–40% нефтяного масла (реже с небольшим количеством парафина, церезина, воска). К защитным смазкам относятся технический вазелин, пушечная смазка и др. Технический вазелин волокнистый ВТВ-1 отличается хорошим сцеплением с металлом благодаря присутствию в нем адге-

зионной присадки. Эта смазка, изготовленная на маловязком масле, характеризуется хорошей стойкостью к низким температурам.

Пушечная смазка изготовлена сплавлением петролатумов с вязким маслом. Дополнительно в смазку вводят 5% церезина и окисленный церезин в качестве присадки. Смазка сохраняет свою защитную способность и предотвращает коррозию вплоть до  $-50^{\circ}\text{C}$ . При температурах  $+50^{\circ}\text{C}$  она оплавляется и стекает с защищаемых поверхностей. Ее используют для защиты от коррозии металлических изделий любой формы и размеров.

В качестве консервационных материалов можно применять не растворимые в воде, химически- и коллоидно-стабильные антифрикционные смазки с низкой испаряемостью, поскольку они обладают хорошими защитными свойствами (Солидол С, Литол-24 и др.).

**Канатные смазки** служат для предотвращения трения между отдельными проволоками и прядями стальных канатов. Их делят на три группы: общего назначения – для стальных канатов всех видов; фрикционные – для канатов, используемых в подземных механизмах с фрикционными шкивами; пропитки пеньковых сердечников канатов. Все канатные смазки общего назначения (исключая Торсиол-55) взаимозаменяемы, характеризуются хорошей влагостойкостью, высокой адгезией к металлам и отличными консервационными свойствами. Наиболее распространена смазка 39У. В случае отсутствия канатных смазок взамен их временно можно использовать обычные антифрикционные и консервационные смазки (Солидол С, пушечную и др.). Желательно вводить в них 5–10% графита.

**Уплотнительные смазки.** Пластичные смазки употребляют в качестве уплотнительных материалов резьбовых соединений, облегчения ввертывания и вывертывания резьб и в сальниковых уплотнениях кранов, задвижек, вентилях и т. п. Особую группу составляют вакуумные уплотнительные смазки и замазки. В отдельных случаях сама смазка (а не в сочетании с уплотнительными материалами типа асбестового шнура, кожаных манжет и др.) обеспечивает герметизацию.

**Специализированные (автомобильные) смазки.** Кроме рассмотренных выше антифрикционных смазок, на автомобилях и тракторах применяют и смазки узкоспециализированные, разработанные специально для узлов трения автотракторной техники. Большой ассортимент этих смазок объясняется недостаточной унификацией всех смазок. Марки, состав, свойства и область применения смазок, наиболее широко используемых для эксплуатации автотракторной техники, приведены в табл. 3.3.

Периодичность смены смазок указывается в инструкциях по эксплуатации машины или в химмотологической карте. Области применения пластичных смазок в узлах трения автомобилей и тракторов рекомендуют заводы-изготовители. В случае их отсутствия можно воспользоваться данными табл. 3.4. Основные характеристики физико-химических и эксплуатационных свойств пластичных смазок стран СНГ даны в табл. 3.2.

Таблица 3.2

**Реологические и физико-химические свойства пластичных смазок**

Товарная марка	Температура каплепадения, °С	Пенетрация при 25°С, × 10 <sup>-1</sup> мм	Предел прочности при 20°С, Па	Вязкость при 0°С и 10 с <sup>-1</sup> , Па·с, не более	Коллоидная стабильность, %, не более
1	2	3	4	5	6
<b>Антифрикционные смазки</b>					
Общего назначения для обычных температур					
Солидол С	85–105	260–310	300–700	200	5
Пресс-солидол С	85–90	310–350	70–200	10	10
Солидол Ж	75–87	230–290	300–600	250	13
Графитная	77–85	250–280	300–700	100	5
Общего назначения для повышенных температур					
1–13	≥120	180–250	500–1000	500	20
Консталин	≥130	225–275	150–300	500	20
Литин-2	≥190	265–295	–	–	10
<b>Многоцелевые смазки</b>					
Литол-24	≥185	220–250	500–1000	280	12
Литол-24 РК	≥180	200–250	450–1100	280	12
Фиол-1	≥185	310–340	>250	200	25
Фиол-2	≥180	265–295	>300	250	16
Фиол-2М	≥170	265–295	>300	250	15
БНЗ-3	≥230	230–280	550–770	500	15
Алюмол	≥210	220–250	500–1000	280	12
ЛКМтранс-2	≥170	250–290	>500	280	10
Таврол-2	≥180	230–280	>450	280	15
Герметин	≥180	220–280	>200	–	5
<b>Термостойкие смазки</b>					
ЦИАТИМ-221	≥200	280–360	250–450	800 (при –50°С)	7
Униол-2М/1	≥200	80–320	200–500	160	10
ВНИИНП-207	≥250	220–245	250–500	180	7
БНЗ-4	≥250	265–295	400–420	150	12
БНЗ-5	≥230	400–430	–	100	–

Продолжение табл. 3.2

1	2	3	4	5	6
<b>Низкотемпературные смазки</b>					
ЦИАТИМ-203	≥160	250–300	350–700	1000 (–30°C)	10
ГОИ-54п	≥60	200–245	200–600	1200 (–40°C)	15
Лита	≥170	240–265	550–750	1000 (–30°C)	20
Зимол	≥190	240–290	300–1000	2000 (–50°C)	20
<b>Редукторные смазки (полужидкие)</b>					
ЦИАТИМ-208	–	300–350	–	18 000	–
СТП-Л	≥25 (0°C)	–	–	–	–
СТП-3	80–100 (0°C)	–	–	–	–
Трансол-200	≥150	400–430	–	1400 (–30°C)	30
ЛЗ-ПЖЛ-00	≥160	400–440	–	–	–
<b>Приработочные пасты</b>					
Лимол	≥240	310–340	≥250	250	3
ВНИИНП-225	–	400–430	≥300	120	15
ВНИИНП-232	–	220–250	≥1800	300	4
<b>Консервационные (защитные) смазки*</b>					
Пушечная (ПВК)	≥60	–	1000–2500	1500	4
ВТВ-1	≥54	–	≥1000	100	5
ВТВ-1 в аэрозольной упаковке	–	–	–	–	–
АК	≥60	–	≥470	525	3
ЗЭС	≥105	–	150–500	1200	4
<b>Канатные смазки и пропиточные составы</b>					
Канатная 39у	65–75	–	–	2000–4000	–
БОЗ-1	60–75	–	–	800	–
Торсиол-35 Б	65–80	350–360	–	–	3
Торсиол-35 Э	≥65	–	–	–	–
КФ-10	80–100	40–7 (иглой)	–	–	–
Канатол	60–75	–	–	–	–
Е-1	40–55	340–360	–	800	–
Е-9	≥50	340–360	–	370	–
Е-86	45–55	340–360	–	–	–
ЛЗ-Е-91	45–60	–	–	–	–
<b>Уплотнительно-резьбовые смазки</b>					
ВНИИНП-263	–	300–340	≥160	50	18
ВНИИНП-291	≥200	85–115	–	–	0,7
ВНИИНП-292	≥215	85–115	–	–	0,7
Вакуумная	≥50	220–250	≥1000	1000	–
Замазка ЗЗК-3у	≥115	40–80	≥2000	–	–
Бензиноупорная	≥55	30–80	≥2500	–	1,2
Для газовых кранов	≥60	35–70	≥1000	–	3
Плитол	≥230	–	≥360	550	4
Кранол	≥60	35–70	–	–	–
Резьбол ОМ-2	–	330–390	≥50(80°C)	–	8

1	2	3	4	5	6
<b>Автомобильные смазки</b>					
Литин-2	≥190	265–295	–	–	10
АМ-карданная	≥115	220–270	500–700	300	15
Литол 459/5	≥195	180–190	≥1900	580	6
ЛСЦ-15	≥185	250–280	≥500	280	15
ШРБ-4	≥230	265–295	≥200	80	10
ШРУС-4	≥190	250–280	300–700	250	16
Фиол-24	≥180	255–295	≥300	170	12
№ 158	≥132	310–340	150–500	400	23
ЛЗ-31	≥188	220–250	500–620	280	12
КСБ	≥170	245–275	300–800	400	8
ДТ-1	≥110	315–345	≥150	230	12
Дисперсол-1	≥85	270–310	–	–	15
МЗ-10	≥70	265–295	≥210	70	8

\* В качестве консервационных смазок общего назначения применяют также вазелины: технический, медицинский (ГОСТ 3582-84), ветеринарный (ГОСТ 13037-84) и конденсаторный (ГОСТ 5774-76).

При обновлении пластичных смазок следует иметь в виду, что не каждая смазка может смешиваться с другой, поэтому перед закладкой новой смазки рекомендуется тщательно удалить остатки старой. Это необходимо сделать еще и по той причине, что старая смазка может содержать продукты износа деталей (см. раздел 4).

Зарубежные производители пластичных смазок – это в основном крупные транснациональные нефтеперерабатывающие корпорации (Shell, Mobil, BP, Exxon и др.), известные потребителям по производимым ими моторным и трансмиссионным маслам. В табл. 4.4 приведено соответствие отечественных и зарубежных пластичных смазок.

### **3.2. Ассортимент, области применения и основные свойства отечественных пластичных смазок**

В основных узлах трения машин (ступицы колес, подвеска, рулевое управление и др.) применяют смазки общего назначения – Солидол С, 1–13, графитную и др. В последнее время успешно используют многоцелевую смазку Литол-24. Эта смазка допущена к при-

менению во всех узлах трения автомобилей, тракторов, инженерных и сельскохозяйственных машин взамен солидолов, смазки 1–13, карданной АМ и других смазок общего назначения, за исключением графитной.

Прогрессивным направлением является использование в отдельных узлах трения несменяемых смазок ЛСЦ-15, ЛЗ-31, № 158 и др. Бессменная работа смазки зависит в первую очередь не от ее свойств, а от рациональной конструкции узла трения. При надежной герметизации срок службы большей части пластичных смазок в узле может достигать нескольких лет. При этом температура, скорость и нагрузки должны соответствовать типу смазки.

Ассортимент, области применения и основные эксплуатационные свойства пластичных смазок, производимых в странах СНГ, приведены в табл. 3.3.

В процессе работы смазка подвергается воздействию повышенных температур, скоростей и нагрузок, а также различных факторов окружающей среды (кислород воздуха, вода, пары коррозионно-активных соединений, радиация и др.). Это сопровождается термическим разложением, термоокислительными процессами и полимеризацией, которые интенсифицируются деформацией сдвига и каталитическим действием ювенильных поверхностей трения. Все это в совокупности приводит к «старению» смазок и ухудшению их эксплуатационных свойств. Расход смазок в процессе работы обусловлен испарением дисперсионной среды, механической деструкцией дисперсной фазы, испарением масла из смазки и вытеканием ее из узла трения.

Основные характеристики смазок, по которым судят об их эксплуатационных свойствах и которыми руководствуются при выборе узлов трения, установлены ГОСТ 4.23-83 «Система показаний качества продукции. Нефтепродукты. Смазки пластичные. Номенклатура показателей». Этот стандарт устанавливает обязательную номенклатуру показателей и признаков качества смазок. К первым относится внешний вид, содержание воды и механических примесей, испытания на коррозию. Ко вторым – температура каплепадения, предел прочности, вязкость, коллоидная, механическая и химическая стабильность, термоупрочнение, испаряемость, содержание органических водорастворимых кислот и свободной щелочи, показатели защитных (от коррозии), противоизносных и противозадирных свойств, адгезия (липкость) и растворимость в воде.

Таблица 3.3

## Ассортимент, области применения и основные свойства пластичных смазок стран СНГ

Смазка	Состав	Область применения. Основные свойства	Заменитель
<b>Антифрикционные смазки</b> <i>Общего назначения для обычных температур</i>			
Солидол С Пресс-солидол С	Смесь масел кислотнo-щелочной (70%) и селективной (30%) очистки, загущенная кальциевыми мылами кубовых остатков (C <sub>20</sub> и выше) и низкомолекулярных СЖК C <sub>5</sub> –C <sub>6</sub>	Относительно грубые узлы трения механизмов и машин, транспортных средств, лесной и сельскохозяйственной техники, ручного и другого инструмента. Шарниры, винтовые и цепные передачи, тихоходные шестеренчатые редукторы. Хорошие водостойкость, коллоидная стабильность, защитные свойства. Работоспособна от –30 до +65°С. В мощных механизмах от –50°С (подшипники, шарниры)	Солидол Ж Литол-24
Солидол Ж Пресс-солидол Ж	Смесь нефтяных масел средней вязкости, загущенная кальциевыми мылами жирных кислот, входящих в состав природных (растительных и животных) жиров	Та же, что Солидола С. Характеристики близки к синтетическим солидолам. Лучше вязкостно-температурные свойства. Работоспособна от –30 до +65°С. В мощных механизмах от –50°С (подшипники, шарниры)	Литол-24 Униол-1
Графитная	Высоковязкое нефтяное масло, загущенное кальциевым мылом с добавлением 10% графита	Узлы трения скольжения тяжело нагруженных тихоходных механизмов. Рессоры, подвески тракторов и машин, открытые передачи. Работоспособна от –20 до +70°С. Допускается к применению ниже –20°С в рессорах и аналогичных устройствах	Солидол С Солидол Ж Литол-24 с 10% графита
<i>Общего назначения для повышенных температур</i>			
1–13	Смесь нефтяных масел низкой и средней вязкости, загущенная натриевым мылом жирных кислот, входящих в состав касторового масла. Содержит немного кальциевого мыла тех же кислот	Разнообразные подшипники качения, режущие скользящие, подшипники электродвигателей, ступиц автомобилей и т. п. Водостойкость низкая. Эмульгируется и растворяется в воде. Работоспособна от –20 до +110°С	Литол-24

Смазка	Состав	Область применения. Основные свойства	Заменитель
Консталин	Цилиндровое масло, загущенное натриевыми мылами жирных кислот касторового масла	Узлы трения вентиляторов, литейных машин, доменных и цементных печей, подшипников качения на ж/д транспорте и др. Водостойкость низкая. Эмульгируется и растворяется в воде. Работоспособна от $-20$ до $+110^{\circ}\text{C}$	Литол-24
Литин-2	Минеральное масло, загущенное литиевым мылом 12-октестеариновой кислоты и аэросилон. Содержит антиокислительную, противозадирную, адгезионную и противокоррозионную присадки	Игольчатые подшипники карданных шарниров и других узлов автомобилей. Высокие трибологические свойства. Работоспособна при температуре от $-40$ до $+120^{\circ}\text{C}$	Литол-24
<b>Многоцелевые смазки</b>			
Литол-24	Нефтяное масло вязкостью 60–75 сСт ( $\text{мм}^2/\text{с}$ ) при $50^{\circ}\text{C}$ , загущенное литиевым мылом 12-гидроксистеариновой кислоты. Содержит антиокислительную и вязкостную присадки	Все типы подшипников качения и скольжения, шарниры, зубчатые и иные передачи, трущиеся поверхности колесных и гусеничных транспортных средств, электромашин. Высокие коллоидная, химическая и механическая стабильности, водостойкая даже в кипящей воде. При нагревании не упрочняется. Работоспособна от $-40$ до $+120^{\circ}\text{C}$ , в течение продолжительного времени сохраняет работоспособность при $+130^{\circ}\text{C}$	Литол-24РК Алюмол Зимол
Литол-24РК	Смесь нефтяных масел, загущенная литиевым мылом гидроксистеариновой кислоты. Содержит антикоррозионную, вязкостную и антиокислительную присадки	Подшипники качения и скольжения всех типов, шарниры, зубчатые и другие передачи, поверхности трения колесных и гусеничных транспортных средств, промышленных механизмов, электрических машин и др. Водостойкая, антикоррозионная, рабоче-консервационная, обеспечивает консервацию в течение 10 лет. Работоспособна при температуре от $-40$ до $+120^{\circ}\text{C}$	Литол-24 Зимол

Смазка	Состав	Область применения. Основные свойства	Заменитель
Фиол-1	Смесь нефтяных масел, загущенная литиевым мылом 12-гидроксистеариновой кислоты. Содержит вязкостную и антиокислительную присадки	Узлы трения, смазываемые через пресс-масленку или от централизованной системы подачи смазки, гибкие валы или тросы управления в оболочках, маломощные редукторы, легконагруженные малогабаритные подшипники качения и т. п. Водостойкая. Работоспособна при температуре от $-40$ до $+120^{\circ}\text{C}$	Фиол-2
Фиол-2	Смесь нефтяных фракций, загущенная литиевым мылом 12-гидроксистеариновой кислоты. Содержит вязкостную и антиокислительную присадки	Подшипники качения и скольжения, зубчатые передачи промышленных машин и механизмов, передачи станков, конвейеров и других аналогичных устройств, работающих при малых и средних нагрузках. Водостойкая, работающая при температуре от $-40$ до $+120^{\circ}\text{C}$	Лптол-24
Фиол-2М	По составу близка к смазке Фиол-2, дополнительно содержит дисульфид молибдена	Легконагруженные малогабаритные подшипники качения и скольжения автомобильного электрооборудования, высокооборотные подшипники электроверетен, оси октанкорректора прерывателя-распределителя автомобилей. Водостойкая, улучшенные противоизносные и противозадирные свойства по сравнению с Фиол-2. Работает при температуре от $-40$ до $+120^{\circ}\text{C}$	ВНИИ НП-242 Фиол-2У
БНЗ-3	Нефтяное масло средней вязкости, загущенное литиевым мылом стеариновой и жирных кислот касторового масла. Содержит антиокислительную и противоизносную присадки	Закрытые роликовые опоры конвейеров, механизмы экскаваторов, бурильных станков, бульдозеров в горнорудной промышленности. По противоизносным свойствам уступает несколько смазке Фиол-2М. Работоспособна при температуре от $-30$ до $+110^{\circ}\text{C}$	Литол-24

Смазка	Состав	Область применения. Основные свойства	Заменитель
Алюмол	Нефтяное масло, загущенное комплексным алюминиевым мылом. Содержит антиокислительную, антикоррозионную и противоизносную присадки	Подшипники и другие узлы трения машин и механизмов. Водостойкая, хорошие адгезионные свойства. Работоспособна при температуре от $-40$ до $+150^{\circ}\text{C}$	Литол-24 Униол-1
ЛКМтранс-2	Смесь нефтяных масел, загущенная комплексным литиевым мылом. Содержит многофункциональные присадки	Узлы трения транспортных средств и промышленного оборудования. Водостойкая, антикоррозионная, высокие термическая, механическая стабильности, антикоррозионные и смазывающие свойства. Работоспособна при температуре от $-40$ до $+150^{\circ}\text{C}$ , кратковременно до $+170^{\circ}\text{C}$	Литол-24 (до $130^{\circ}\text{C}$ )
Таврол-2	Смесь нефтяных масел, загущенная литиевым мылом жирных кислот. Содержит вязкостную, антиокислительную, противоизносную присадки	Узлы трения промышленных установок и транспортных средств. Антифрикционная, многоцелевая. Работоспособна при температуре от $-40$ до $+120^{\circ}\text{C}$	Литол-24
Герметин	Литиевая смазка	Узлы трения различных машин и оборудования, герметизация пробковых кранов бытовой газовой аппаратуры. Водостойкая, антифрикционная, многоцелевая. Работоспособна при температуре от $-40$ до $+130^{\circ}\text{C}$	Литол-24 Солидол С Солидол Ж Пресс-солидол Консталин Фиол-1 Фиол-2 1-13, БНЗ-3

Смазка	Состав	Область применения. Основные свойства	Заменитель
<b>Термостойкие смазки</b>			
ЦИАТИМ-221	Кремнийорганическая жидкость, загущенная комплексным мылом. Содержит антиокислительную присадку	Подшипники качения электромашин, систем управления и приборов с частотой вращения до 10000 мин <sup>-1</sup> , агрегатные подшипники летательных аппаратов, узлы трения и сопряженные поверхности «металл – резина», работающие в вакууме. Нерастворима в воде, гигроскопична. Низкие противозносные свойства. Химически стойкая. Инертная к резине и полимерам. Работоспособна в интервале температур от –60 до +150°С при давлении 665,5 Па	ВНИИНП-207 (до –40°С) ЦИАТИМ-221с
Униол-2М/1	Нефтяные остаточные масла, загущенные комплексным кальциевым мылом. Содержат антиокислительную и противоизносную присадки	Узлы трения промышленного оборудования, туннельных печей, горячих конвейеров, горнодобывающего оборудования, автотранспортной, сельскохозяйственной техники, городского электротранспорта, керамического производства. Гигроскопична. Склонна к влагопрочнению. Хорошие коллоидная, механическая, химическая и термическая стабильности, противозадирные и противоизносные характеристики. Работоспособна при температуре от –40 до +160°С	Униол-2 Алюмол
ВНИИНП-207	Смесь кремнийорганической жидкости и синтетического углеводородного масла, загущенная комплексным мылом. Содержит антиокислительную присадку	Подшипники качения электрических машин и стартер-генераторов с частотой вращения до 10 000 мин <sup>-1</sup> . Водостойкая, гигроскопичная, повышенная термоокислительная стабильность. Работоспособна при остаточном давлении 666,5 Па и температуре от –60 до +200°С	ЦИАТИМ-221 (до 150°С)

Смазка	Состав	Область применения. Основные свойства	Заменитель
БНЗ-4	Нефтяное масло, загущенное модифицированным силикагелем. Содержит антиокислительную и другие присадки	Узлы трения, соприкасающиеся с парами воды и агрессивных веществ, вертикальные и наклонные узлы трения промышленных машин, подшипники конвейеров сушильных камер на машиностроительных заводах. Высокие термическая и механическая стабильности, хорошие консервационные свойства. Работоспособна при температуре от $-40$ до $+160^{\circ}\text{C}$	БНЗ-5 Силикол
БНЗ-5	По составу близка к смазке БНЗ-4, однако содержит в 3 раза меньше загустителя	Малонагруженные подшипники качения промышленных механизмов с системами централизованной подачи смазки, цепные приводы и передачи. По основным свойствам близка к полужидким смазкам. Работоспособна при температуре от $-50$ до $+160^{\circ}\text{C}$	БНЗ-4 Силикол
<b>Низкотемпературные смазки</b>			
ЦИАТИМ-203	Нефтяное трансформаторное масло, загущенное литиевым мылом технического саломаса и осерненного асидола. Содержит вязкостную и противозадирную присадки	Зубчатые, червячные передачи редукторов, опоры скольжения и подшипники качения; различные силовые приводы, винтовые пазы, нагруженные редукторы, механизмы, эксплуатируемые на открытых площадках, узлы трения автомобилей. Превосходит ЦИАТИМ-201 по химической и коллоидной стабильностям, водостойкости и противоизносным характеристикам. Работоспособна при температуре от $-50$ до $+100^{\circ}\text{C}$	Эра Зимол
ГОИ-54п	Маловязкое нефтяное масло, загущенное церезином. Содержит антиокислительную присадку	Малонагруженные узлы трения, в том числе механизмы артиллерийских орудий, консервация механизмов и приборов. Высокие защитные свойства. По коллоидной и химической стабильности, водостойкости превосходит другие низкотемпературные смазки. Стабильна при хранении (10 лет). Защищает от коррозии до 5 лет. Работоспособна при температуре от $-40$ до $+50^{\circ}\text{C}$	Лита, МЗ

Продолжение табл. 3.3

Смазка	Состав	Область применения. Основные свойства	Заменитель
Лита	Маловязкое нефтяное масло, загущенное стеаратом лития и церезина	Узлы трения машин и механизмов, эксплуатируемых под открытым небом, механизмы переносного инструмента с электрическим или механическим приводом. Высокая водостойкость, хорошие консервационные свойства. Низкая механическая стабильность. Работоспособна при температуре от $-50$ до $+100^{\circ}\text{C}$	Зимол
Зимол	Средневязкостное высокоиндексное, низкотемпературное нефтяное масло, загущенное гидроксистеаратом лития; Содержит антиокислительную, антикоррозионную присадки и антифрикционную добавку	Узлы трения любых типов транспортных средств и инженерной техники, эксплуатируемых в районах с особо холодным климатом. Высокие механическая и химическая стабильности, водостойкость, хорошие противоизносные и защитные свойства, всесезонная. Работоспособна при температуре от $-50$ до $+130^{\circ}\text{C}$	Лита (до $100^{\circ}\text{C}$ ) ЦИАТИМ-201 (до $90^{\circ}\text{C}$ )
<b>Редукторные смазки (полужидкие)</b>			
ЦИАТИМ-208	Смесь нефтяных масел, загущенная кальциевыми мылами нафтеновых кислот и кислот окисленного петролатума	Тяжелонагруженные редукторы, червячные и зубчатые передачи гусеничной техники. Хорошая адгезия и водостойкость, работоспособна долгое время в герметизированных узлах трения при температуре от $-40$ до $+70^{\circ}\text{C}$	Трансол-200 Редуктол
СТП-Л СТП-3	Нефтяные масла, загущенные октолом и гудроном масляным. Содержат противоизносные присадки	Зубчатые передачи тяжелых редукторов тепловозов. СТП-Л – летняя, работоспособна при температуре от $-5$ до $+50^{\circ}\text{C}$ . СТП-3 – зимняя, работоспособна при температуре от $-50$ до $+50^{\circ}\text{C}$	Трансол-100, Трансол-200
Трансол-200	Нефтяное масло, загущенное гидроксистеаратом лития. Содержит антикоррозионную, антиокислительную, вязкостную и противозадирную присадки	Цилиндрические и планетарные редукторы, работающие с максимальными удельными нагрузками в зацеплении до 2000 МПа. Высокие противозадирные свойства и химическая стабильность. Работоспособна при температуре от $-30$ до $+130^{\circ}\text{C}$	Трансол-100

Смазка	Состав	Область применения. Основные свойства	Заменитель
ЛЗ-ПЖЛ-00	Нефтяное масло, загущенное литиевым мылом 12-оксистеариновой кислоты. Содержит антиокислительную, противоизносную, противозадирную, адгезионную присадки и дисульфид молибдена	Шарнир равных угловых скоростей. Обеспечивает работоспособность ШРУС в течение всего срока службы автомобиля. Работоспособна при температуре от $-40$ до $+120^{\circ}\text{C}$	–
<b>Консервационные (защитные) смазки</b>			
Пушечная (ПВК)	Нефтяное масло, загущенное петролатумом и церезином. Содержит антикоррозионную присадку	Защита от коррозии металлических изделий, предотвращение ржавления изделий из черных и цветных металлов, консервация металлических изделий и механизмов. Высокие адгезионные и консервационные свойства, водостойкость, удерживается на наклонных и вертикальных поверхностях. Работоспособна при температуре от $-50$ до $+50^{\circ}\text{C}$	ГОИ-54п Солидол С ВТВ-1
ВТВ-1	Нефтяное масло, загущенное церезином и парафином. Содержит антикоррозионную и адгезионную присадки	Предотвращение окисления клемм аккумуляторов автомобилей, консервация металлических изделий и наружных поверхностей механизмов при транспортировании или длительном хранении. Высокие водостойкость, адгезионные и консервационные свойства, хорошая морозостойкость. Работоспособна при температуре от $-40$ до $+45^{\circ}\text{C}$	Пушечная
ВТВ-1, аэрозольная упаковка	Раствор вазелина ВТВ-1 в бензине-растворителе	Консервация неокрашенных и декоративных металлических поверхностей, клемм аккумуляторов, замков автомобилей. Морозостойкая. Работоспособна при температуре от $-40$ до $+50^{\circ}\text{C}$	–

Смазка	Состав	Область применения. Основные свойства	Заменитель
АК	Цилиндровое масло, загущенное церезином. Содержит избыток NaOH (до 0,3%)	Защита от коррозии стальных тросов и деталей контактной сети электрофицированных железных дорог. Работоспособна при температуре от $-40$ до $+50^{\circ}\text{C}$	Пушечная
ЗЭС	Цилиндровое масло, загущенное алюминиевым мылом СЖК и петролатумом	Защита от коррозии грозозащитных тросов и арматуры высоковольтных линий электропередач, машин и механизмов, хранящихся и эксплуатируемых на открытом воздухе. Высокие водостойкость и адгезия, хорошие консервационные свойства. Работоспособна при температуре до $+80^{\circ}\text{C}$	АМС-1
<b>Уплотнительные (резьбовые) смазки</b>			
ВНИИНП-263	Нефтяное масло, загущенное модифицированным силикагелем. Содержит многофункциональную присадку	Обеспечение герметичности резьбовых соединений, облегчение ввертывания и вывертывания резьб. Хорошие водо- и морозостойкость, обеспечивает герметичность резьбового соединения при нормальном давлении и вакууме. Работоспособна при температуре от $-50$ до $+100^{\circ}\text{C}$	Р-416
ВНИИНП-291	Касторовое масло, загущенное неорганическим загустителем. Содержит глицерин	Герметизация кранов, находящихся в системах подачи хозяйственно-питьевой воды. Хорошие водостойкость и коллоидная стабильность, нерастворима в нефтепродуктах. Работоспособна при температуре от $0$ до $+100^{\circ}\text{C}$	ВНИИНП-292
ВНИИНП-292	Нефтяное масло, загущенное модифицированным силикагелем. Содержит вязкостную присадку	Область применения та же, что у ВНИИ НП-291. Высокие адгезия к металлам и водостойкость. Работоспособна при температуре от $0$ до $+100^{\circ}\text{C}$	ВНИИНП-291
Вакуумная	Высоковязкое вазелиновое масло, загущенное церезином. Содержит натуральный каучук	Каучукообразная мазь для уплотнения подвижных соединений вакуумных установок из стекла и металла. Водостойкая, высокие адгезионные и консервационные свойства. Работоспособна при температуре от $0$ до $+40^{\circ}\text{C}$	ВНИИНП-300

Смазка	Состав	Область применения. Основные свойства	Заменитель
Замазка 33К-3у	Высоковязкое нефтяное масло, загущенное алюминиевым мылом СЖК или стеариновой кислоты и петролатумом. Содержит синтетический каучук	Герметизация щелей в люках, крышках, дверях и других неплотностей транспортных машин при их длительной консервации. Высокие адгезионные свойства и водостойкость. Работоспособна при температуре от $-40$ до $+50^{\circ}\text{C}$	–
Бензиноупорная	Окисленное касторовое масло, загущенное цинковым мылом кислот касторового масла	Герметизация пробковых кранов и резьбовых соединений, топливных и масляных систем. Практически нерастворима в органических растворителях и воде. Работоспособна при температуре от $-10$ до $+40^{\circ}\text{C}$	Смазка для газовых кранов (наземная техника)
Для газовых кранов	Касторовое масло, загущенное гидротированным кальциевым мылом кислот касторового масла	Арматура газовых магистралей и распределительных станций при давлении до 5 МПа. Нерастворима в нефтепродуктах, хорошо растворима в спирте и кислородсодержащих растворителях. Работоспособна при температуре от 0 до $+50^{\circ}\text{C}$	Кранол
Плитол	Нефтяное масло, загущенное полимочевинной. Содержит противоизносную присадку	Краны бытовых газовых плит. Низкая испаряемость, хорошие коллоидная стабильность и антифрикционные свойства. Работоспособна при температуре от 0 до $+150^{\circ}\text{C}$ , кратковременно до $+180^{\circ}\text{C}$	–
Кранол	Касторовое масло, загущенное гидротированным кальциевым мылом кислот касторового масла. Содержит антиокислительную и антикоррозионную присадки	Арматура газовых магистралей, газораспределительных и компрессорных станций при давлении до 7,5 МПа. Экологически безвредная, не растворима в нефтепродуктах, растворима в спирте и кислородсодержащих растворителях. Работоспособна при температуре от $-20$ до $+50^{\circ}\text{C}$	Смазка для газовых кранов
Резьбол ОМ-2	Нефтяные масла, загущенные немыльным загустителем. Содержит присадки и наполнители	Герметизация и защита от коррозии резьб обсадных, насосно-компрессорных и бурильных труб. Водостойкая, хорошие консервационные и триботехнические свойства, с экологически безвредным наполнителем. Работоспособна при температуре от $-50$ до $+200^{\circ}\text{C}$	Р-402 Р-113

Смазка	Состав	Область применения. Основные свойства	Заменитель
<b>Канатные смазки и пропиточные составы</b>			
Канатная 39У	Сплав нигрола, гудрона масляного, церезина, кубовых остатков СЖК и триэтанолamina	Рудничные и буровые канаты, тросы, подъемно-транспортные машины. Хорошие водостойкость, адгезия к металлу, консервационные свойства. Работоспособна при температуре от $-25$ до $+50^{\circ}\text{C}$	Трансол-35Б
БОЗ-1	Нефтяное масло, загущенное озокеритом и петролатумом. Содержит антикоррозионную присадку	Стальные канаты при их изготовлении. Хорошие адгезия к металлу, водостойкость и консервационные свойства. Работоспособна при температуре от $-20$ до $+50^{\circ}\text{C}$	39У Торсиол-35Б
Торсиол-35Б	Смесь нефтяных масел, загущенная церезином. Содержит буроугольный воск и окисленный петролатум	Стальные канаты различного назначения при их изготовлении. Хорошие водо- и морозостойкость, адгезионные, консервационные и антифрикционные свойства. Работоспособна при температуре от $-35$ до $+50^{\circ}\text{C}$	39У
Торсиол-35Э	Смазка Торсиол-35Б, разбавленная перхлорэтиленом. Смесь нефтяного масла и кремнийорганической жидкости, загущенная твердыми углеводородами. Содержит антикоррозионную присадку	Смазывание стальных канатов различного назначения при их эксплуатации, при изготовлении стальных канатов для работы в особо низких температурах. Водо- и морозостойкая. Работоспособна при температуре от $-35$ до $+50^{\circ}\text{C}$ . Морозостойкая, высокие водостойкость, адгезия к металлу, антифрикционные и консервационные свойства. Работоспособна при температуре от $-60$ до $+50^{\circ}\text{C}$	Торсиол-35Б
КФ-10	Нефтяные масла, загущенные петролатумом и битумным структурообразователем. Содержит канифоль	Канаты многоканатных подъемных устройств с фрикционными шкивами при их изготовлении. Фрикционная, высокие адгезия, водостойкость, консервационные свойства, обеспечивает необходимый коэффициент трения между канатами и фрикционными шкивами. Работоспособна при температуре от $-10$ до $+50^{\circ}\text{C}$	—

Смазка	Состав	Область применения. Основные свойства	Заменитель
Канатол	Нефтяные масла, загущенные твердыми углеводородами	Стальные канаты в процессе их изготовления. Защищает от изнашивания и коррозии. Работоспособна при температуре от $-35$ до $+50^{\circ}\text{C}$	–
Е-1	Нигрол зимний, загущенный петролатумом. Содержит серу и нафтенат меди	Пропитка органических сердечников, стальных канатов общего назначения. Высокие адгезионные, консервационные, антифрикционные свойства и водостойкость. Работоспособна при температуре от $-20$ до $+50^{\circ}\text{C}$	Е-86
Е-9	Смесь нефтяного и синтетического масел, загущенная октолом и озокеритом. Содержит нафтенат меди и серу	Пропитка органических сердечников стальных канатов, работающих со смазкой Торсиол-55. Наиболее морозостойкая из всех пропиточных составов. Работоспособна при температуре от $-50$ до $+50^{\circ}\text{C}$	–
Е-86	Нефтяное масло, загущенное природными восками. Содержит адгезионную и антисептическую присадки	Пропитка органических сердечников стальных канатов общего назначения. Высокие адгезионные, консервационные и антифрикционные характеристики, водостойкость. Работоспособна при температуре от $-35$ до $+50^{\circ}\text{C}$	Е-1
ЛЗ-Е-91	Нефтяные масла, загущенные углеводородами. Содержат присадки	Пропитка органических сердечников стальных канатов, смазывание контактирующих с сердечником проволок канатов. Работоспособна при температуре от $-35$ до $+50^{\circ}\text{C}$	Е-86
<b>Автомобильные смазки</b>			
Литин-2	Минеральное масло, загущенное литиевым мылом 12-оксистеариновой кислоты и аэросилом. Содержит антиокислительную, противоизносную, противозадирную, адгезионную и противокоррозионную присадки	Игольчатые подшипники карданных шарниров и других узлов автомобилей. Высокие трибологические и адгезионные свойства. Работоспособна при температуре от $-40$ до $+120^{\circ}\text{C}$	Литол-24

Продолжение табл. 3.3

Смазка	Состав	Область применения. Основные свойства	Заменитель
АМ-карданная	Нефтяное масло средней вязкости, загущенное натриевым мылом кислот саломаса, хлопкового, касторового масел и канифоли	Шарниры карданов постоянной угловой скорости передних ведущих мостов автомобилей. Вымывается из узлов трения, низкая механическая стабильность. Работоспособна при температуре от $-10$ до $+100^{\circ}\text{C}$	ШРУС-4 Литол-24
Литол 459/5	Нефтяное масло, загущенное литиевым мылом, стеариновой и 12-гидрооксистеариновой кислот. Содержит антиокислительную присадку	Прерыватель распределителя зажигания автомобилей. Водостойкая. Работоспособна при температуре от $-40$ до $+120^{\circ}\text{C}$ (кратковременно до $+130^{\circ}\text{C}$ )	Литол-24
ЛСЦ-15	Смесь нефтяных масел, загущенных литиевым мылом кислот гидрированного касторового масла. Содержит антиокислительную, вязкостную присадки и оксид цинка	Шарниры и оси приводов акселератора, рычаги выключения, шлицевые соединения, механизмы стеклоподъемников автомобилей, узлы трения промышленного оборудования. Водостойкая. Высокие термическая, коллоидная, механическая и антиокислительная стабильности. Хорошие консервационные свойства. Обеспечивает полный ресурс работы узлов. Работоспособна при температуре от $-40$ до $+130^{\circ}\text{C}$	Литол-24
Дисперсол-1	Нефтяное масло, загущенное комплексным кальциевым мылом стеариновой, 12-гидроксистеариновой и уксусной кислот и церезином. Содержит уайт-спирит	Механизмы стеклоподъемников, замки, двери и другие детали автомобилей. Гигроскопична, работоспособна при температуре от $-40$ до $+100^{\circ}\text{C}$	МЗ-10
ШРБ-4	Нефтяное масло, загущенное комплексным бариевым мылом кислот хлопкового масла, СЖК, гидроксистеариновой и уксусной кислот. Содержит антиокислительную присадку	Шаровые шарниры передней подвески, наконечники тяг рулевого управления автомобилей (на весь срок службы). Водостойкая. Не вызывает набухания резины. Волнолистная текстура, высокие противозадирные свойства. Работоспособна при температуре $-40$ до $+130^{\circ}\text{C}$	ШРУС-4 Лимол

Смазка	Состав	Область применения. Основные свойства	Заменитель
ШРУС-4	Нефтяное масло, загущенное гидроксистеаратом лития. Содержит антиокислительную и противозадирную присадки, а также антифрикционные добавки	Шарниры равных угловых скоростей полноприводных автомобилей и другие узлы трения. Водостойкая, высокие механическая и антиокислительная стабильности, противоизносные и противозадирные характеристики, низкая испаряемость. Работоспособна при температуре от $-40$ до $+120^{\circ}\text{C}$	№ 158
Фиол-2У	Смесь нефтяных масел, загущенная гидроксистеаратом лития. Содержит антиокислительную присадку и антифрикционную добавку	Игольчатые подшипники крестовин карданного вала автомобилей и другой наземной техники. Высокие антиокислительная, механическая и коллоидная стабильности, хорошие противоизносные и противозадирные характеристики. Водостойкая. Работоспособна при температуре от $-40$ до $+120^{\circ}\text{C}$	ШРУС-4 № 158
№ 158	Нефтяное масло загущенное литиево-калиевым мылом касторового масла и канифоли. Содержит антиокислительную присадку и индентрен	Подшипники качения автотракторного оборудования, игольчатые подшипники карданных шарниров непостоянной угловой скорости. Хорошие антиокислительная и механическая стабильности, противоизносные характеристики, водостойкость – удовлетворительная. Работоспособна при температуре от $-30$ до $+110^{\circ}\text{C}$	ШРУС-4 Фиол-2У
ЛЗ-31	Сложный эфир загущенный стеаратом лития. Содержит антиокислительную и антикоррозионную присадки	Подшипники качения закрытого типа на весь срок службы. Хорошие антиокислительная стабильность и антикоррозионные свойства, низкая испаряемость, высокие противоизносные свойства. При контакте с водой дисперсионная среда гидролизует. Работоспособна при температуре от $-40$ до $+120^{\circ}\text{C}$	ШРУС-4 ЛДС-3 Литол-24

Окончание табл. 3.3

Смазка	Состав	Область применения. Основные свойства	Заменитель
КСБ	Нефтяное масло, загущенное натриевым мылом стеариновой кислоты и кислот саломаса. Содержит антиокислительную и противоизносную присадки, медную пудру и другие добавки	Контакты электрического переключателя указателя поворотов автомобиля. Токопроводящая, предотвращает искрение в контактах и снижает радиопомехи. Обеспечивает полный ресурс работы узлов трения. Работоспособна при температуре от $-30$ до $+110^{\circ}\text{C}$	–
МЗ-10	Маловязкое нефтяное масло, загущенное стеаратом цинка и церезином. Содержит вязкостную присадку и графит	Механизмы стеклоподъемников, замки и стопорные механизмы дверей автомобилей. Высокая адгезия и хорошие противоизносные и консервационные свойства. Работоспособна при температуре от $-40$ до $+80^{\circ}\text{C}$	Фиол-2М Дисперсол-1

В табл. 3.4 приведены марки пластичных смазок для узлов трения автомобилей и тракторов.

Таблица 3.4

**Применение смазок в узлах трения машин**

Узел трения	Наименование смазки
Регулируемые подшипники ступицы, нерегулируемые подшипники полуоси	Литол-24, ЛСЦ-15, Зимол, Лита
Подшипники промежуточной опоры карданного вала	Литол-24, ЛСЦ-15
Подшипники генератора, стартера и других электродвигателей, ось октан-корректора распределителя зажигания	Фиол-2М*, Литол-24, Зимол, № 158, ЦИАТИМ-201
Игольчатые подшипники карданных шарниров	Фиол-2У*, ШРУС-4*, № 158
Шарниры равных угловых скоростей	ШРУС-4
Шарниры подвески и рулевого управления, имеющие пресс-масленки	ШРБ-4, ШРУС-4, Литол-24
Герметизированные разборные шарниры подвески	ШРБ-4*
Герметизированные шарниры рулевого управления	ЛСЦ-15*
Герметизированные неразборные шарниры подвески	ШРБ-4*
Шлицевые соединения	ЛСЦ-15*, Литол-24
Оси, валики, подшипники скольжения, петли, тросы в оболочках	ЛСЦ-15*, Литол-24, ЦИАТИМ-201
Гибкий вал спидометра	ЦИАТИМ-201
Переключатель указателей поворота	КСБ*
Шарниры и оси привода педалей газа, выключения сцепления	ЛСЦ-15*
Рессоры	Графитная, Лимол, ВНИИНП-232
Монтаж деталей, работающих в контакте резина – металл	ДТ-1
Стеклоподъемники, замки, стопорные механизмы дверей	ЛСЦ-15*

\* Применяется в качестве несменяемой на весь период эксплуатации.

Среди приведенных марок смазки для различных узлов трения наиболее универсальными и распространенными являются Литол-24, ЦИАТИМ-201 и ШРУС-4.

### 3.3. Зарубежные эксплуатационные группы пластичных смазок

Эксплуатационные группы смазок описаны в документах NLGI и SAE (SAE J310 JUN93). Рассмотрим свойства, которыми они обладают.

**Смазки для подшипников колес.** В роликовых подшипниках деформация сдвига в четыре раза больше по сравнению с шариковыми, поэтому пластичные смазки для роликовых подшипников должны обладать повышенной механической стабильностью.

**Смазки для подшипников колес с дисковыми тормозами.** Подшипники передних колес с дисковыми тормозами могут нагреваться до 160°C. Смазки для них должны обладать высокой термической стабильностью. По требованиям ASTM D 4950, такие смазки должны иметь категорию качества NLGI GC или NLGI GB. При этом они должны не изменять своих свойств в ходе 40–80-часовой работы при температуре +160°C. Для этих целей применяются литиевые, литиевые комплексные, бентонитовые и другие высокотемпературные смазки большой механической стабильности.

Европейские производители смазок не обозначают их знаком категории NLGI, они просто дают описания по возможности их использования на тяжелых автомобилях.

**Смазки для подшипников водяных насосов.** Подшипники водяных насосов работают в условиях высоких температур (80–90°C) и большой вероятности вымывания смазки водой, поэтому пластичные смазки для данного узла должны обладать хорошей термостойкостью, водостойкостью, гигроскопичностью, хорошими противоизносными свойствами, а также быть инертными к резине и полимерам.

**Противозадирные смазки.** Противозадирные смазки используются для смазывания сильно нагруженных узлов трения. У них нет специального знака NLGI, но должно быть подтверждение о соответствии конкретным эксплуатационным требованиям. Показатели качества проверяются испытаниями EP Timken или на четырехшариковой машине трения. Часто в состав этих смазок входят моющие и диспергированные неорганические присадки, например дисульфид молибдена и др.

Такие смазки относят к многофункциональным, которые применяются для смазывания подшипников, седла соединений и других сильно нагруженных деталей и узлов легковых и грузовых автомобилей, а также сельскохозяйственных и строительных машин. Обычно в названиях марок таких смазок бывают буквы EP, поэтому их без труда можно отличить от других.

### ***Смазки для шарниров равных угловых скоростей (ШРУС).***

В передних мостах автомобилей используются фиксированные и подвижные подшипники, в которых применяются автомобильные смазки, имеющие категорию ходовой части с противозадирными присадками EP, т. е. смазки для шарниров с одинаковой угловой скоростью. Основные требования к качеству этих смазок следующие: подавление изнашивания, хорошие разделяющие свойства и долговечность. При объединении шарниров со ступицей колес, у которых дисковые тормоза, возрастают требования к термостойкости.

При выборе смазок для шарниров равной угловой скорости, особенно для трехчленных подвижных валовых шарниров, которые ставятся в задние мосты автомобилей ряда зарубежных фирм, необходимо подтверждение производителей о пригодности смазок для этих целей, так как они должны обладать не только противоизносными и разделяющими свойствами, но и небольшим коэффициентом трения.

***Универсальные пластичные смазки MP.*** Универсальные смазки MP (*Multi-Purpose Grease*) предназначены для смазывания деталей, узлов ходовой части и подшипников колес.

В американских спецификациях (ASTM D 4950 и SAE J310 JUN93) многофункциональные смазки MP выделяются в отдельную категорию качества, соответствующую двойной наивысшей категории качества NLGI LB-GC. В Европе этим смазкам присвоено название универсальные автомобильные смазки MP. Поэтому, прежде чем их применять, потребителям следует получить дополнительную гарантию поставщика конкретной универсальной смазки об ее пригодности для более тяжелых условий эксплуатации.

***Долговечные смазки ELI.*** Долговечные смазки ELI (*ELI greases, extended lubrication interval greases – удлинённый интервал смены смазочных материалов*) отличаются от других своей повышенной окислительной, термической, механической и структурной стабильностью. Они используются обычно в узлах трения механизмов, в которых не предусмотрена их замена. Такие смазки должны служить без изменения своих основных эксплуатационных свойств на протяжении всего срока эксплуатации машины.

***Пластичные смазки для опорной плиты тягача.*** Работа седлового соединения тягачей характеризуется интенсивным питтинговым и абразивным изнашиванием и постоянным действием вибрации. Для его смазывания применяются водостойкие смазки, а также смазки, рекомендуемые изготовителем. В описании смазок должна быть отметка – смазка для седельного соединения.

---

---

---

---

## 4. СОВМЕСТИМОСТЬ ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОК

---

---

В процессе обслуживания специализированных автомобилей и тракторов возникает вероятность смешивания различных смазок ввиду их отсутствия на предприятии, а также невозможности полного удаления предыдущей закладки. Так, в шарнирах рулевого управления автомобилей после четырехкратного шприцевания остается до 40% «старой» смазки. При смешении «старой» и «новой» смазок ухудшаются эксплуатационные характеристики смеси по сравнению с исходным продуктом. Смешивание смазок наблюдается также при периодической дозаправке узлов трения, когда в процессе эксплуатации узел пополняется смазкой того же назначения, что и работавшая, но иного состава. Во многих инструкциях по эксплуатации машин допускается использование в одном и том же узле нескольких сортов смазок – обычно основной и дополнительной. Некоторые смазки смешиваются между собой без ухудшения свойств, а другие не совмещаются. Несовместимость проявляется в структурных изменениях уже после кратковременного умеренного нагрева смеси, влияющего на пенетрацию после перемешивания, синергизм, температуры каплепадения и т. д. Изменение свойств, вызванное изменениями в композиции, точно прогнозировать невозможно, даже при использовании одинаковых мыл и масел. Последствия смешивания могут быть непредсказуемыми. Смеси смазок могут образовывать смолы, твердеть, разжижаться и др. Следует руководствоваться инструкцией изготовителей смазок – *не смешивать разные смазки!* Лучше всего полностью прочистить подшипник и только после этого опять его смазать.

Несовместимость пластичных смазок может быть обусловлена несколькими факторами: кальциевые смазки стабильны в слабо окислительных средах, кальциевые комплексные смазки – в щелочных средах. Введение небольших количеств кальциевого мыла в комплексную смазку не вызывает изменения свойств индивидуальных компонентов, тогда как добавка небольшого количества комплексной кальциевой смазки в кальциевую смазку сдвигает рН смеси, которого обычно бывает достаточно для того, чтобы вызвать значи-

тельные структурные изменения. При введении мыльных смазок в бентонитовые (немыльные) смазки происходят обменные реакции между катионами мыл, присадками и ионами четвертичного аммония глины, в результате которых разрушается структура геля системы, что вызывает размягчение смазки.

Совместимость базовых масел разных смазок (табл. 4.1) служит предпосылкой для совместимости их загустителей.

Таблица 4.1

**Совместимость базовых масел**

Базовое масло	Минеральное	Эфирное	Полигликолевое	Силиконовое	Полифенилэфирное
Минеральное	0	+	–	–	–
Эфирное	+	0	+	–	+
Полигликолевое	–	+	0	–	–
Силиконовое	–	–	–	0	–
Полифенилэфирное	–	+	–	–	0

*Примечание.* Совместимые – (+); несовместимые – (–).

Однако основным фактором, определяющим совместимость смазок, является природа загустителя (табл. 4.2). Жидкая основа, присадки и добавки существенного влияния на совместимость не оказывают.

Таблица 4.2

**Совместимость загустителей**

Загуститель	Li-мыло	Li-компл.	Ca-мыло	Ca-компл.	Na-мыло	Na-компл.	Al-компл.	Ва-компл.	Бентонит	Поликарбамид
Li-мыло	0	+	±	–	–	–	+	+	–	–
Li-компл.	+	0	+	±	–	н/д	+	н/д	–	–
Ca-мыло	±	+	0	–	–	н/д	–	н/д	+	–
Ca-компл.	–	±	–	0	–	н/д	–	н/д	–	+
Na-мыло	–	–	–	–	0	+	–	+	–	–
Na-компл.	–	н/д	н/д	н/д	+	0	±	+	–	+
Al-компл.	+	+	–	–	–	±	0	+	–	–
Ва-компл.	+	н/д	н/д	н/д	+	+	+	0	+	–
Бентонит	–	–	+	–	–	–	–	+	0	+
Поликарбамид	–	–	–	+	–	+	–	–	+	0

*Примечание.* Совместимые – (+); несовместимые – (–); частично совместимые – (±); нет данных – (н/д)

Если загустители совместимы, то и базовые масла, и присадки тоже должны быть совместимы.

Совместимость основных отечественных смазок приведена в табл. 4.3. Совместимость специализированных смазок здесь не рассматривается, так как они применяются в закрытых узлах трения и заменяются только при разборке узлов.

Таблица 4.3

**Совместимость товарных пластичных смазок**

Марка смазки	Литол-24	Зимол	Лита
Солидол С	Н	Н	Н
Солидол Ж	С	С	Н
Консталин-1, 2	С	С	С
Смазка 1–13, жировая	С	С	С
Смазка автомобильная ЯНЗ-2	С	С	С
ЦИАТИМ-201	С	С	С
ЦИАТИМ-203	–	–	С
Литол-24	–	С	С
Зимол	С	–	С
Лита	С	С	–

*Примечание.* С – совместимые; Н – несовместимые.

В табл. 4.4 приведено соответствие некоторых пластичных смазок отечественного производства и зарубежных фирм.

Таблица 4.4

**Зарубежные аналоги отечественных смазок**

Наименование отечественной смазки	Наименование зарубежных аналогов	Фирма-производитель
Литол-24 ГОСТ 21150-75	Energrease LS-EP2; LS3; LC2; LCX 222 Alvania RL 2, 3; Alvania EP (LF) 2, 3; Retinax EP 2 Mobilux 2, 3, EP2, EP3; Mobilgrease MP Beacon 3 Castrol LM, LMX Agip F1 CR MU3; Agip F1 CP FC3 Multi-Purpose Crease Hytex EP-2 Multiplex Red Grease 2 General Multi Purpose Grease	BP Shell Mobil Exxon Castrol Agip Teboil Texaco Unocal 76 Valvoline

Продолжение табл. 4.4

Наименование отечественной смазки	Наименование зарубежных аналогов	Фирма-производитель
ЛСЦ-15 (ТУ38УССР201224-80)	Energrease SY 2202 AeroShell Grease 6 Mobilux 2, EP2 Multi-Purpose Grease	BP Shell Mobil Teboil
ШРБ-4 (ТУ38УССР201224-77)	Energrease L21 M; LC 2M; SY-HT 462M; LS-EP 2; SY 2202 Retinax HD 2 Centoplex 132 BV  KB-521	BP  Shell Kluber Lubrica- tion FIAT
ШРУС-4 (ТУ38УССР201312-81)	Energrease L21 M; LG 2M; SY-HT 462M Retinax HDX 2 Caxtrobace MS 20  Hytex EP-2 Molikot VN2461C	BP Shell Kluber Lubrica- tion Texaco Dow Corning
Фиол-2У (ТУ384ССР201266-79)	Energrease SY 2202; LS-EP 2; LC 2; LCX 222 Retinax HD 2 Centoplex 278M  MS 3 Grease MRM-2	BP  Shell Kluber Lubrica- tion Castrol FIAT
Фиол-2М (ТУ35УССР101233-75)	Energrease L21 M; LC 2M; SY-HT 462M Retinax HDX 2 Mobilgrease Special Beacon Q2 Spheerol LMM; Castrolease LMM; MS3 Glissando FL 738; FLA22; Texalube F; Molytex2 Jota-2M	BP Shell Mobil Exxon Castrol Texaco  FIAT
КСБ (ТУ38УССР201115-76)	Centoplex 3 CU	Kluber Lubrication
ДТ-1 (ТУ38УССР201116-76)	Arapen BC 290(2) SP-349	Exxon FIAT
ЦИАТИМ-201 (ГОСТ 6267-74)	Energrease SY 2002; SY-HT 2 AeroShell Grease 6, 22 Mobiltemp SHC 32 O-Grease	BP Shell Mobil Teboil
ВНИИНП-242 (ГОСТ 20421-75)	Energrease L21 M; LC 2M; SY-HT 462M Alvania RL 3, Nenta HV 2	BP Shell Mobil

Наименование отечественной смазки	Наименование зарубежных аналогов	Фирма-производитель
	Mobilgrease Special; Mobilux EP2, EP3; Beacon EP2; Q330, 3 Castrol LMM; MS3 Glissando FL 738; Texalube F	Exxon  Castrol Texaco
№ 158 (ТУ38101320-77)	Energrease LS-EP 2; SY 2202 Alvania RL 1 Nyco Grease 57c	BP Shell Nyco Interm Inc
ЛЗ-31 (ТУ381011144-88)	Energrease LS-EP 3 LC 2; LCX 222; SY 2202 Alvania RL 2; AeroShell Grease 7 Mobilgrease 22 Beacon 325 Low Temp EP	BP  Shell Mobil Exxon Texaco

Для обеспечения оптимальной эффективности, надежности и долговечности узла трения пластичные смазки должны быть совместимы со всеми конструкционными материалами, применяемыми в данном узле. Это могут быть резиновые детали, пластики, эластомеры. Очевидно, что совместимость смазок с уплотнителями особенно важна для герметизированных узлов трения с несменяемой или редко пополняемой смазкой.

*Совместимость смазок с резинами* оценивается по изменению массы или геометрических размеров резинотехнических изделий, находящихся в контакте со смазочным материалом.

Наиболее типичными проявлениями несовместимости со смазкой являются чрезмерное набухание, усадка, растрескивание резиновых деталей, ухудшение их физико-химических, фрикционных и других свойств. В результате этого герметичность узла нарушается, уплотнения теряют способность удерживать смазку в узле и предотвращать проникновения в него загрязнений.

Совместимость смазок с резинами зависит, с одной стороны, от типа полимера, на котором приготовлена резина и его концентрации, а с другой – от природы дисперсионной среды, типа и концентрации присадок, содержащихся в пластичной смазке. Тип загустителя слабо влияет на совместимость резин со смазками, поскольку в подавляющем большинстве случаев дисперсионной средой пластичных смазок служат нефтяные масла. В общем случае нефтяные масла парафинового основания с высоким индексом вязкости в наименьшей степени взаимодействуют с резиной, хотя в некоторых случаях возможна

усадка уплотнений. Масла нафтового основания, не подвергавшиеся экстрационной очистке и при высоком содержании ароматических углеводородов, вызывают набухание резин.

Для оценки углеводородного состава масла и степени удаления из них нежелательных полициклических (нафтовых и ароматических) соединений широкое распространение получил метод определения анилиновой точки. *Анилиновая точка* – это наименьшая температура, при которой масло и анилин взаимно растворимы. При данной температуре анилин тем лучше растворим в масле, чем выше в нем концентрация полициклических углеводородов. Зависимость между анилиновой точкой базового масла и набуханием некоторых типов резин приведена на рис. 4.1.

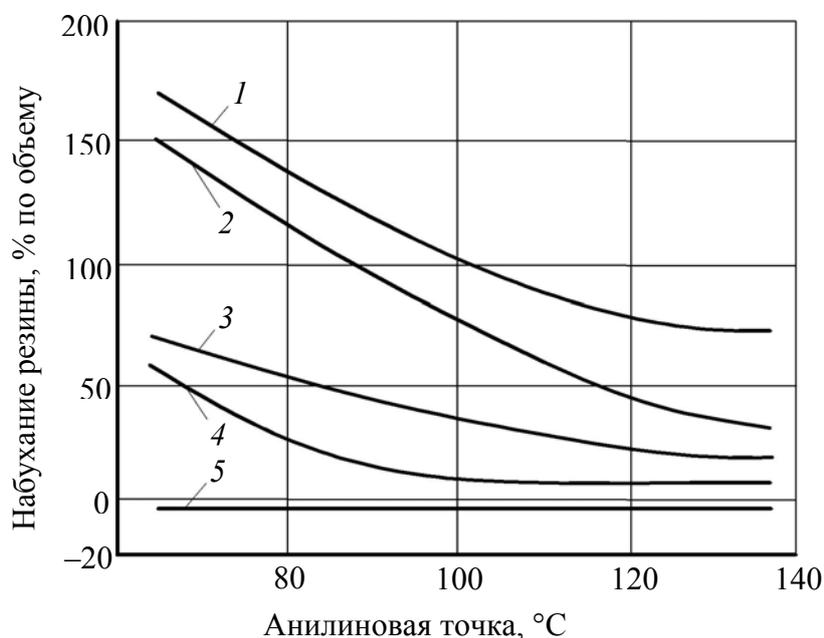


Рис. 4.1. Зависимость между величиной показателя «анилиновая точка» базового масла и степенью набухания резин при 71°C за 168 ч:

1 – натуральный каучук; 2 – бутадиен-стирольный каучук;  
3 – бутил-каучук; 4 – хлоропреновый каучук; 5 – фторкаучук

Взаимодействие смазок с резиной обусловлено одновременным протеканием двух конкурирующих процессов – проникновением в резину дисперсионной среды и экстракцией пластификатора из резины дисперсионной средой. В первом случае наблюдается набухание, а во втором – уменьшение массы резины. Если процесс проникновения в резину масла ограничен относительно малой подвижностью молекул каучука вследствие вулканизации и введения на-

полнителя, то экстракция пластификатора зависит от углеводородного состава масла и может быть ограничена введением в резину при ее производстве пластификатора.

Типичные результаты оценки величин набухания (в процентах по объему) резин на основе типичных каучуков в дизельном (нафтно-парафиновом) масле, используемом в качестве дисперсионной среды пластичных смазок, приведены в табл. 4.5.

Влияние присадок, содержащихся в смазках, на резиновые уплотнения в зависимости от их типа, химической и поверхностной активности весьма разнообразно и может быть очень существенным. Из опыта применения известно, что наиболее инертны к смазкам на нефтяных маслах резины на основе СКФ и фторосиликонового каучука, а наименее стойки – резины на основе этиленпропиленового каучука.

Таблица 4.5

**Набухание резин при воздействии масла**

Типы каучуков	Величина набухания, % по объему, при температуре испытания, °С	
	50	100
Натуральный (НК)	250	Разрушается
Бутилкаучук (БК)	250	400
Бутадиен-стирольный (БСК)	150	220
Бутадиен-нитрильный (СКН):		
СКН-26	20	22
СКН-40	5	6
Силоксановый (СК)	120	140
Хлоропреновый (наирит)	70	80
Фторкаучук (СКФ)	–	2,5

Важным параметром при выборе смазочного материала, часто имеющего сложный химический состав, выступает его совместимость с эластомерами, являющимися материалами для уплотнений, и пластмассами, из которых изготавливают элементы подшипников (к примеру, сепараторы) или корпуса. Плохая совместимость может привести к нежелательным химическим реакциям и повреждению элементов подшипникового узла (рис. 4.2).

По данным французской компании SNR, подавляющее большинство (70%) случаев выхода из строя подшипников не связаны с монтажом или ошибками в конструкции, а происходят ввиду использования неправильной смазки. Неверно подобранный смазочный материал часто приводит к поломке подшипника и выходу из

стройка оборудования. Аналогичные последствия может вызвать применение многоцелевых смазок. Важно выбирать смазочный материал, который полностью удовлетворяет условиям работы.



Рис. 4.2. Некоторые повреждения подшипников, вызванные использованием неправильного смазочного материала

*Совместимость с эластомерами.* Смазки на основе эфирных или полиальфаолефиновых масел более агрессивны по отношению к эластомерам, чем смазки на основе минеральных масел. Смазка может вызывать значительное набухание или усадку эластомеров. Совместимость проверяется стандартными испытаниями. Эластомер погружается в смазку и выдерживается при определенных условиях в течение установленного времени, после этого оценивается его набухание, уменьшение массы и изменение твердости. По результатам делается вывод о пригодности смазки для работы в контакте с проверяемым эластомером.

*Совместимость с пластиками.* Большинство смазок на основе минеральных масел являются инертными по отношению к термопластикам. Однако специальные синтетические смазки оказывают воздействие на некоторые виды термопластиков. При оценке совместимости пластиков и смазок необходимо учитывать продолжительность контакта и температуру.

---

---

## **5. НОРМЫ РАСХОДА ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОК ДЛЯ УЗЛОВ ТРЕНИЯ РАЗЛИЧНОЙ КОНСТРУКЦИИ**

---

---

Узлы трения машин с точки зрения герметизации и условий работы смазок могут быть разделены на узлы трения открытого и закрытого типов.

Количество смазки, заправляемой в узел трения скольжения, определяется конструкцией узла, т. е. наличием в нем полостей, которые заполняются смазкой. В негерметизированный узел смазку обычно нагнетают через пресс-масленку до тех пор, пока она не начнет выдавливаться через уплотнения, клапан или контрольное отверстие. При эксплуатации такого узла в начальный период работы из него удаляется избыток смазки, а через некоторое время и смазка, участвующая в обеспечении нормальной работы узла.

Снижение затрат на смазку и техническое обслуживание достигается путем герметизации узлов трения. При этом наиболее эффективно применение узлов с несменяемой смазкой, где она закладывается в строго определенном количестве при сборке узла. В процессе работы смазка не пополняется и не удаляется из узла. Пополнение смазкой герметизированных узлов с пресс-масленками осуществляется через длительные интервалы времени и связано с предотвращением загрязнения смазки, вызываемого износом уплотнений.

Степень заполнения смазкой подшипника и всего узла является важной характеристикой, которая оказывает существенное влияние на поведение смазки в узле и его температурный режим, а также на надежность подшипника. Поведение смазки в подшипниковом узле существенно различается при разной степени его заполнения. При неплотной набивке узла основная масса пластичной смазки не принимает участия в смазывании тел и дорожек качения, она перемещается только в зоне, прилегающей к полюсам тел качения. В этом случае смазка вытесняется с дорожек качения и из внутренней полости подшипника. Например, из подшипников ступицы колеса в первые минуты движения автомобиля выдавли-

вается до 40% смазки. В дальнейшем существенное вытеснение и макроциркуляция смазки прекращаются. При плотной набивке узлов смазкой вытеснение ее излишков затруднено, поэтому в процесс циркуляции вовлекается вся масса смазки, что приводит к увеличению энергетических потерь и перегреву смазок и подшипников. При интенсивном перемешивании большинство смазок разупрочняется и вытекает из узла. Затвердевание смазок приводит к ухудшению подпитки зоны трения, быстрому выходу из строя подшипника. Наиболее склонны к уплотнению комплексные кальциевые смазки.

При нормальной набивке смазкой температура подшипника в начале работы резко возрастает, достигает максимума, а затем постепенно снижается и стабилизируется.

Заполнять смазкой полости ступицы, как это рекомендуется некоторыми инструкциями, не требуется, ее внутреннюю поверхность целесообразно смазывать слоем в 0,5–1,0 мм для защиты от коррозии.

Избыток смазки часто повышает шум и температурный режим работы подшипников, что в результате приводит к нарушению сальниковых уплотнений. При нагреве смазка расширяется и при отсутствии свободных полостей повреждает сальники, а при охлаждении объем смазки уменьшается, что сопровождается втягиванием внутрь подшипникового узла загрязнений.

Заполнение подшипников и узлов смазкой должно строго нормироваться, так как отклонение от оптимального количества смазки приводит к изменению температурной кривой. При недостатке смазки начального увеличения температуры не наблюдается, а при избытке – ее температура остается на высоком уровне. Зависимость величины прироста температуры роликовых подшипников от заправки характеризуется кривой с явно выраженным минимумом, соответствующим количеству смазки, равному 24% свободного объема подшипникового узла [2].

Влияние степени набивки подшипниковых узлов на их работоспособность установлено при испытании смазок в ступицах колес большегрузных автомобилей Минского, Кременчугского и Уральского автозаводов и автобусов Ликийского завода [3]. В процессе использования смазки Литол-24 снижение количества заправляемой смазки при пробегах до 100 тыс. км практически не сказывалось на работоспособности подшипников, а в случае смазки 1–13, особенно при 100%-ном заполнении ступицы, наблюдались повышенный

---

---

сброс ее сепараторов, отсутствие смазки на дорожках качения и роликах, перегрев подшипников, а также питтинговое повреждение роликов при пробегах 12–36 тыс. км.

На практике в зависимости от типа, конструкции и условий эксплуатации степень заполнения узла смазкой колеблется в пределах 1/3–2/3 внутреннего пространства подшипника.

Количество смазки, закладываемой в подшипник, связывают с соотношением  $n / n_0$ , где  $n$  – наибольшая частота вращения подшипника при эксплуатации, а  $n_0$  – расчетная предельная частота вращения выбранного эталонного подшипника, смазываемого пластичной смазкой. Если величина этого отношения меньше 0,2, т. е. в случае тихоходных подшипников, они могут заполняться полностью; если отношение равно 0,2–0,8 – подшипник следует заполнять на одну треть; при  $n / n_0 \geq 0,8$  – смазывается лишь поверхность трения, а подшипник остается пустым. В закрытые подшипники смазка закладывается в количестве 20–30% свободного пространства.

Определить достаточность объема свободных полостей подшипникового узла для вмещения выдавливаемого избытка смазки можно следующим образом. Известно, что объем свободных полостей корпуса должен составлять 0,15–0,24 полного объема подшипников ( $V_n$ ). Свободный объем  $V_{св}$  шариковых подшипников составляет около 30%, а роликовых – 18% полного объема подшипников. Соотношение между  $V_{св}$  и  $V_n$  в зависимости от серии для шариковых подшипников составляет 0,28–0,30, а для роликовых подшипников – 0,16–0,20 [4].

Более точно свободный объем может быть вычислен по формуле [5]

$$V_{св} = \pi / 4(D^2 - d^2)B - M / \rho,$$

где  $D$  – наружный диаметр;  $d$  – внутренний диаметр;  $B$  – ширина;  $M$  – масса материала подшипника;  $\rho$  – плотность материала подшипника.

При неплотной набивке подшипникового узла смазкой сам подшипник нагревается несущественно, энергетические потери невелики, а эксплуатационные свойства смазки проявляются и сохраняются в процессе эксплуатации наилучшим образом. В подшипниковый узел необходимо вводить строго определенное количество пластичной смазки, определяемое по формуле [5]

$$V_{см} = 0,5 \cdot 10^{-3}BD_{\rho\omega},$$

где  $V_{\text{см}}$  – объем смазки,  $\text{см}^3$ ;  $B$  – ширина радиального, радиально-упорного подшипника или высота упорного подшипника, мм;  $D_{\rho\omega}$  – средний диаметр подшипника, мм.

Наиболее радикальным решением вопроса является применение закрытых подшипников и герметизированных узлов с несменяемой смазкой, что позволяет исключить операции по пополнению смазкой и введение в подшипник при его сборке необходимого количества смазочного материала. Именно поэтому на современных моделях автомобилей и тракторов все большее распространение получают закрытые подшипники и герметизированные узлы, включая такие традиционно дозаправляемые узлы, как подшипники ступиц колес.

---

---

## 6. ХРАНЕНИЕ И ПУТИ ЭКОНОМИИ ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОК

---

---

Обеспечение пластичными смазками предприятий лесного комплекса осуществляется с нефтебаз. Пластичные смазки, в отличие от большинства нефтепродуктов, хранят и транспортируют в расфасованной при производстве таре.

Пластичные смазки, применяемые на автомобилях и тракторах, при хранении стабильны и длительное время не теряют свои эксплуатационные свойства. При соблюдении правил хранения в них не наблюдается быстротекающих химических процессов. Скорость последних зависит от температуры, наличия контактов с цветными металлами, степени заполнения тары и т. д.

Изменения качества пластичных смазок при хранении можно условно подразделять на три основные группы: связанные с химическими, физическими процессами и вызванные появлением в смазках посторонних веществ.

При хранении из многих смазок отделяется масло (коллоидно-нестабильные смазки могут выделять до 10–20% масла). При этом нарушается однородность смазки, растет ее вязкость и ухудшаются низкотемпературные свойства.

Некоторые типы смазок, прежде всего натриевые и кальциевые, приготовленные на мылах синтетических жирных кислот, при хранении уплотняются, что выражается в резком повышении предела прочности и вязкости. При длительном нахождении смазок в негерметичной таре возможно поглощение ими влаги из воздуха. Особенно этот процесс характерен для смазок, приготовленных на гидрофильных мылах и некоторых других загустителях. Свойства обводненной смазки существенно меняются, у большинства снижаются предел прочности и температура каплепадения, но некоторые типы, например комплексные кальциевые и силикагелевые смазки, затвердевают [10].

Смазки необходимо хранить в исправной таре в специально оборудованных помещениях или на складах при температуре не ниже 0°C. Допускается кратковременное нахождение их под навесами.

---

---

Большинство пластичных смазок может храниться в закрытой таре без существенного ущерба эксплуатационным свойствам в течение 4–5 лет [7]. Однако гарантируемый срок хранения, указанный в технической документации современных специализированных смазок, составляет 1–3 года.

Допустимый срок нахождения смазок в таре определяют, исследуя изменения показателей их качества в процессе хранения. Наибольшая часть смазки безвозвратно теряется в эксплуатации – потери от порчи и загрязнения при хранении в открытой крупной таре (бочках). После вскрытия бочки из нее извлекают небольшую часть, остальная же смазка загрязняется пылью, водой, посторонними предметами. При необходимости заправки машин верхний слой загрязненной смазки приходится удалять [8].

В соответствии с ГОСТ 1510-84, нефтемаслозаводами выпускаются пластичные смазки в тубах, банках, бидонах, барабанах, бочках и специализированных контейнерах объемом до 200 л. Основная масса смазок выпускается в крупной таре (деревянные и металлические бочки по 80–180 кг, металлические и полимерные бидоны по 20 л) [9].

Для потребителей, которые имеют централизованные системы смазки, наиболее приемлема крупная тара. Для мелких потребителей, а также владельцев индивидуальных автомобилей и тракторов предпочтительна расфасовка в мелкой и особо мелкой таре (банки из различных материалов по 0,5, 1 и 5 кг, а также тубы емкостью 25–250 мл). Применение такой тары у средних и мелких потребителей способствует более экономному расходованию смазок. Весьма эффективно также использование смазок в аэрозольной упаковке, особенно при необходимости нанесения тонких слоев смазок. При этом ее расход снижается в 3–4 раза по сравнению с традиционными способами нанесения. В таком виде тары выпускаются, например, смазка ВТВ-1 и паста Лимол. Широкое внедрение прогрессивных видов тары позволяет повысить культуру применения и уменьшить нерациональный расход смазок.

Анализ потерь смазки при обслуживании автомобилей показал, что при поставке смазки в крупной таре на ее стенках остается неиспользованной не менее 2–3% от общей массы поступившей смазки. Столько же теряется при перекладке ее в меньшую тару. При заполнении шприцев руками или лопатками теряется еще 2–5% смазки. Конструкция узлов, смазываемых через пресс-масленки, такова, что при заполнении узла свежую смазку нагнетают до тех пор, пока

не будет удалена старая и не появится свежая. Таким образом, в данной операции потери свежей смазки неизбежны и в процентном отношении в зависимости от конструкции солидолонагнетателя они могут достигать 50–100% от заправляемой в узел смазки, особенно, если в солидолонагнетателе нет подпорной пружины. Безвозвратно теряется 4–5% смазки при холостых ходах солидолонагнетателя, которые необходимы для удаления воздуха из плунжерной тары. На поверхности пресс-масленки смазываемого узла остается 2–3% смазки [10]. Значительные потери возникают вследствие порчи смазок в процессе хранения, особенно в открытой таре из-за окисления, обводнения и загрязнения.

При неблагоприятных условиях технического обслуживания потери смазок в процессе эксплуатации автотракторной техники могут достигать 20–30% от общей массы поступившей смазки. Для успешной борьбы с потерями необходимо знать совокупность факторов, определяющих эффективность использования смазок. Эти факторы разделяют на три группы: конструкционные, эксплуатационные и организационные.

*Конструкционные факторы* связаны с оптимизацией количества смазки, закладываемой в узел трения, и рассмотрены в разделе 5.

К *эксплуатационным факторам* эффективности использования смазок относятся мероприятия по улучшению качества технического обслуживания и ремонта машин, способствующих снижению внутригаражных расходов и ликвидации перерасхода смазок. Это, например, организация типовых производственных отделений и постов по обслуживанию, ремонту и смазке агрегатов, внедрение средств диагностики технического состояния и рациональных режимов технического обслуживания и текущего ремонта машин, повышение качества текущего и капитального ремонта.

*Организационные факторы* экономного использования смазок – это система мероприятий по совершенствованию организации технологии перевозочного процесса и материально-технического снабжения. В области снабжения важную роль играет совершенствование планирования и нормирования расхода смазок на различных уровнях. В этой связи важное значение имеют разработка и внедрение прогрессивных норм расхода смазочных материалов.

Важным этапом явилось введение в действие единых норм расхода масел и смазок для автомобильного транспорта. В настоящее

время они составляют для легковых, грузовых автомобилей и автобусов, работающих на бензине и сжиженном газе, 0,2, а для остальной автомобильной техники – 0,3 кг на 100 л общего расхода топлива. Одновременно при капитальном ремонте автомобилей и их агрегатов расход смазок устанавливается в количестве, равном одной заправке узлов.

Однако по пути оптимизации норм расхода пластинчатых смазок существуют еще значительные резервы. Так, фактический расход должен снижаться по мере распространения герметизированных узлов трения с несменяемой смазкой.

---

---

## **7. ОХРАНА ТРУДА И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ РАБОТЕ СО СМАЗОЧНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ**

---

---

Смазочные материалы разной степени вязкости (жидкие, густые, мазеподобные) допускается перевозить в полимерных упаковках, специальных железнодорожных и автомобильных цистернах, канистрах, бочках. Тару для перевозки смазочных нефтепродуктов готовят согласно ГОСТ 1510-84 для трех групп смазочных материалов, отличных по степени вязкости жидкостей, температуре горения, вспышки и испаряемости.

Разгружают такие смазочные материалы не ближе 50 м от источников огня в месте, согласованном с представителями службы техники безопасности предприятия. На территории производственной площадки воспламеняющиеся и горючие жидкости допускается хранить в таре менее 500 л в отдельно стоящих негорючих зданиях или землянках на расстоянии не менее 16 м от других зданий.

Помещения для хранения легковоспламеняющихся материалов и прилегающую к ним территорию снабжают средствами тушения огня (песок, лопаты, огнетушители и др.). Склады для хранения горючих материалов оборудуют вентиляцией с вытяжным отверстием не выше 20 см от пола, электропроводку в них надежно изолируют.

При вскрытии тары с огнеопасным и взрывоопасным смазочным материалом не допускается образование искры, для чего пользуются резиновыми или деревянными инструментами. На объекте должны быть созданы условия, исключаящие образование статического электричества. Электросварочные работы, при выполнении которых возможно возникновение пожара, на таких объектах запрещаются.

При работе с огнеопасными и взрывоопасными материалами помещение проветривают непрерывно, а в течение часа по окончании работы с помощью естественной или искусственной вентиля-

ции. Работать при закрытых окнах, если помещение не имеет вентиляционных устройств, запрещается.

К работе с материалами, содержащими ксилол, допускаются лица не моложе 18 лет, только мужского пола, прошедшие предварительный медосмотр и обученные безопасным методам производства работ.

Смазочные материалы не представляют угрозы для здоровья при обычных условиях применения. Длительный или повторяющийся контакт с кожей без надлежащей очистки может приводить к закупорке пор. При вдыхании никакой медицинской помощи не требуется. В случае контакта с кожей удалить загрязненную одежду, промыть подвергшийся воздействию участок поверхности тела струей воды, а затем водой с мылом. При попадании в глаза промыть глаза большим количеством воды. В случае попадания смазочных материалов в органы пищеварения лечение не требуется, за исключением проглатывания больших количеств продукта. Появление несвойственных симптомов требует обращения за медицинской помощью.

В целях исключения контакта смазочного материала с кожей рук необходимо использование перчаток из маслостойких материалов: ПВХ, неопрена или нитрилового каучука. Пригодность и срок службы перчаток зависит от особенностей использования, частоты и длительности контакта, химической стойкости материала перчаток. Не следует применять загрязненные перчатки.

В случае пожара освободить опасную зону от персонала, не занятого тушением.

Для тушения пожаров рекомендуется использовать пену, распыленную воду или водный туман. Сухой химический порошок, диоксид углерода, песок или земля могут применяться только при небольших возгораниях. Запрещается в качестве средства тушения пожаров использовать воду в виде струи.

В случае возникновения аварийных и чрезвычайных ситуаций следует избегать контакта с пролитым или вытекшим материалом, попадания вещества на кожу и в глаза, а также применять соответствующие средства локализации для предотвращения загрязнения окружающей среды. Для предотвращения распространения или попадания в стоки, канавы либо реки используется песок, земля или другие материалы для создания барьеров.

При разливе масла необходимо собрать его в отдельную тару, место разлива протереть сухой тряпкой. Утечки удерживать с

помощью насыпи и абсорбентов. Утилизировать жидкость либо непосредственно, либо собрав при помощи абсорбента. Место разлива засыпать абсорбентами и утилизировать надлежащим образом.

Отработанные смазочные материалы необходимо регенерировать либо собрать в специально оборудованном месте в предназначенные для этих целей контейнеры и передавать для утилизации предприятию / организации, имеющим лицензию на обращение с данным видом отходов. Не сбрасывать в окружающую среду, канализацию или водные стоки.

---

---

# ЛИТЕРАТУРА

---

---

1. Пластичные смазки для машин лесного комплекса / сост.: В. А. Симанович, В. А. Демидов, С. Е. Арико. – Минск: БГТУ, 2011. – 92с.
2. Цуркан, И. Г. Исследование влияния количества смазки в буксе с роликовыми подшипниками на их работоспособность / И. Г. Цуркан, К. В. Мотовилов, Л. С. Елисеев // Труды ЦНИИМПС. – 1967. – Вып. 335. – С. 22–29.
3. Ваванов, В. В. Улучшение эксплуатационных свойств автомобильных смазок с помощью противоизносных и противозадирных присадок: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.21.05 / В. В. Ваванов; МИНХ и ГП им. И. М. Губкина. – М., 1979. – 22 с.
4. Сентюрихина, Л. Н. Выбор консистентных смазок для подшипников электрических машин / Л. Н. Сентюрихина, М. В. Прокопов // Вестник электропромышленности. – 1961. – № 1. – С. 41–44.
5. Бейзельман, Р. Д. Подшипники качения: справочник / Р. Д. Бейзельман, Б. В. Ципкин. – М.: Машиностроение, 1968. – 235 с.
6. Сеницын, В. В. Подбор и применение пластичных смазок / В. В. Сеницын. – М.: Химия, 1974. – 414 с.
7. Сеницын, В. В. Пластичные смазки в СССР / В. В. Сеницын. – М.: Химия, 1984. – 192 с.
8. Гуреев, А. А. Автомобильные эксплуатационные материалы / А. А. Гуреев, Ю. Н. Шехтер, И. А. Тимохин. – М.: Транспорт, 1974. – 280 с.
9. Сеницын, В. В. Рациональное использование пластичных смазок / В. В. Сеницын, Н. Н. Гришин // Химия и технология топлив и масел. – 1980. – № 11. – С. 52–53.
10. Итинская, Н. И. Справочник по топливу, маслам и техническим жидкостям / Н. И. Итинская, Н. А. Кузнецов. – М.: Колос, 1982. – 208 с.

---

---

# ОГЛАВЛЕНИЕ

---

---

<b>ВВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>3</b>
<b>1. ОБЩИЙ РАЗДЕЛ.....</b>	<b>4</b>
<b>2. КЛАССИФИКАЦИЯ И МАРКИРОВКА ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОК</b>	<b>5</b>
2.1. Система классификации по ГОСТ 23258-78.....	5
2.2. Международные классификации смазок.....	13
2.2.1. Американская система классификации NLGI для пластичных смазок. По области применения.....	14
2.2.2. Система классификации пластичных смазок «Международной организации по стандартизации» ISO	17
2.2.3. Система классификации пластичных смазок DIN	19
<b>3. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ГРУППЫ ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОК .....</b>	<b>21</b>
3.1. Эксплуатационные группы отечественных пластич- ных смазок .....	21
3.2. Ассортимент, области применения и основные свой- ства отечественных пластичных смазок .....	27
3.3. Зарубежные эксплуатационные группы пластичных смазок .....	45
<b>4. СОВМЕСТИМОСТЬ ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОК.....</b>	<b>47</b>
<b>5. НОРМЫ РАСХОДА ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОК ДЛЯ УЗЛОВ ТРЕНИЯ РАЗЛИЧНОЙ КОНСТРУКЦИИ.....</b>	<b>55</b>
<b>6. ХРАНЕНИЕ И ПУТИ ЭКОНОМИИ ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОК.....</b>	<b>59</b>
<b>7. ОХРАНА ТРУДА И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ РАБОТЕ СО СМАЗОЧНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ.....</b>	<b>63</b>
<b>ЛИТЕРАТУРА .....</b>	<b>66</b>

# **СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ УЗЛОВ ТРЕНИЯ ЛЕСНЫХ МАШИН**

**Составители:**

**Демидов Валерий Алексеевич  
Симанович Василий Антонович  
Арико Сергей Евгеньевич**

Редактор *Е. И. Гоман*

Компьютерная верстка *О. Ю. Шантарович*

Корректор *Е. И. Гоман*

Подписано в печать 09.04.2012. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 4,0. Уч.-изд. л. 4,1.  
Тираж 70 экз. Заказ .

Издатель и полиграфическое исполнение:

УО «Белорусский государственный технологический университет».

ЛИ № 02330/0549423 от 08.04.2009.

ЛП № 02330/0150477 от 16.01.2009.

Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск.