

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»**

А.Н. Карташевич, И.Д. Кузьмич, А.В. Гордеенко

ПЛАСТИЧНЫЕ СМАЗКИ ДЛЯ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ

ЛЕКЦИЯ

**Для студентов специальностей 1-74 06 01 – Техническое
обеспечение процессов сельскохозяйственного
производства, 1-74 06 06 – Материально-техническое
обеспечение АПК, 1-74 06 04 – Техническое обеспечение
мелиоративных и водохозяйственных работ**

Горки 2009

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»**

А.Н. Карташевич, И.Д. Кузьмич, А.В. Гордеенко

ПЛАСТИЧНЫЕ СМАЗКИ ДЛЯ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ

ЛЕКЦИЯ

**Для студентов специальностей 1-74 06 01 – Техническое
обеспечение процессов сельскохозяйственного
производства, 1-74 06 06 – Материально-техническое
обеспечение АПК, 1-74 06 04 – Техническое обеспечение
мелиоративных и водохозяйственных работ**

Горки 2009

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

А.Н. Карташевич, И.Д. Кузьмич, А.В. Гордеенко

ПЛАСТИЧНЫЕ СМАЗКИ ДЛЯ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ

ЛЕКЦИЯ

Для студентов специальностей 1-74 06 01 – Техническое обеспечение процессов сельскохозяйственного производства, 1-74 06 06 – Материально-техническое обеспечение АПК, 1-74 06 04 – Техническое обеспечение мелиоративных и водохозяйственных работ

Горки 2009

УДК 629.114.2–72 (075.8)
ББК 30.82 я 73
К 27

Одобрено методической комиссией факультета механизации сельского хозяйства 18.03.2008 (протокол № 5) и научно-методическим советом БГСХА 03.04.2008 (протокол № 7).

Карташевич, А.Н., Кузьмич, И.Д., Гордеенко, А.В.

К 27 Пластичные смазки для автотракторной техники: лекция. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2009. 52 с.

ISBN 978-985-467-195-6

Приведены состав пластичных смазок, их классификация и эксплуатационные свойства, ассортимент и область применения смазок (в том числе и зарубежных фирм). Изложена краткая методика проведения исследований, дано описание устройства приборов и аппаратов для определения показателей качества пластичных смазок, указаны технические нормы показателей. В лекции также изложены материалы по особенностям применения пластичных смазок, их совместимости, хранению, нормированию расхода и путях экономии.

Для студентов специальностей 1-74 06 01 – Техническое обеспечение сельскохозяйственного производства, 1-74 06 06 – Материально-техническое обеспечение АПК, 1-74 06 04 – Техническое обеспечение мелиоративных и водохозяйственных работ.

Таблиц 13. Рисунков 7. Библиогр. 9.

Рецензенты: доктор техн. наук, профессор, зав. кафедрой двигателей внутреннего сгорания БНТУ Г.М. КУХАРЕНОК; канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой ТО и ремонта машин БГСХА А.К. ТРУБИЛОВ.

УДК 629.114.2–72 (075.8)
ББК 30.82 я 73

© А.Н. Карташевич, И.Д. Кузьмич,
А.В. Гордеенко, 2009

© Учреждение образования
«Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия», 2009

ISBN 978-985-467-195-6

1. СОСТАВ И КЛАССИФИКАЦИЯ ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОК

Пластичные смазочные материалы, как правило, применяют для смазывания узлов трения различных машин и механизмов, к которым по конструктивным признакам и экономическим соображениям затруднена или невозможна подача (отсутствие герметичности) и непрерывное пополнение запаса масла. Пластичные смазки служат также для длительной консервации машин и рабочих поверхностей деталей, герметизации подвижных уплотнений.

Пластичные смазки существенно отличаются от жидких минеральных масел. По механическим свойствам пластичные смазки занимают промежуточное положение между твердыми веществами и жидкостями. Под действием малых нагрузок они проявляют себя как твердые тела, а при больших напряжениях сдвига – как жидкости, т.е. обладают текучестью. Грубой моделью такой смазки может служить кусочек ваты, пропитанный маслом: волокнистое тело удерживает форму, а под нагрузкой деформируется, уподобляясь вязкой жидкости. При снятии нагрузки форма восстанавливается. Наличие структурного каркаса придает смазке свойства твердого тела.

Исследованиями установлено, что пластичные смазки представляют собой коллоидные системы, где кристаллы загустителя образуют структурный каркас, а масляная основа – дисперсионная среда.

Главные преимущества смазок перед маслами: способность удерживаться в негерметизированных узлах трения, лучшие смазочные и защитные свойства, высокая экономичность.

Недостатки пластичных смазок: плохая охлаждающая способность трущихся поверхностей, отсутствие выноса продуктов износа из зоны трения, сложность подачи к узлу трения.

Пластичная смазка состоит из двух компонентов: масляной основы (минерального, синтетического, растительного или другого масла) и твердого загустителя (мыльного или немыльного). Масляная основа (дисперсионная среда) составляет 70...90 % массы смазок, а загуститель – 5...30%. Загуститель определяет основные эксплуатационные свойства смазок. Поэтому пластичные смазки и классифицируются по виду загустителя: мыльные, углеводородные и силикагелевые.

К мыльным загустителям относятся соли естественных или синтетических жирных кислот. Наиболее широкое применение получили кальциевые, литиевые, натриевые, бариевые и алюминиевые смазки, загущенные мылами соответствующих металлов. Эти смазки могут быть средне- и тугоплавкие.

К немыльным загустителям относятся твердые углеводородные (парафины и церезины), а также воски, озокериты и другие продукты.

Смазки с немывными загустителями влагостойки, но относительно низкоплавкие, и они поэтому применяются в основном как консервационные.

Для получения эксплуатационных свойств в смазки вводят следующие присадки: противоизносные, противозадирные, противокоррозионные, антиокислительные, депрессорные и др. Присадки в смазках составляют 0,01...5 % (по массе).

Для сохранения однородности и коллоидной стабильности в смазки добавляют стабилизаторы, например воду.

В специальных смазках применяют наполнители: твердые нерастворимые порошкообразные продукты. Они увеличивают прочность смазки, повышают термостойкость, улучшают условия трения. В качестве наполнителя часто используют графит и дисульфид молибдена.

Для приготовления пластичных смазок применяют специальные варочные аппараты, которые могут быть периодического или непрерывного действия. Варочные аппараты (котлы) оборудованы мешалкой, паровой рубашкой, запорной арматурой, контрольно-измерительной аппаратурой и другими устройствами.

При одноступенчатом способе все стадии приготовления смазки (дозировка, диспергирование мыла и охлаждение) осуществляются в одном котле. При температуре 100 °С варят кальциевые смазки, при 100...120 °С – углеводородные, при 150 °С – алюминиевые, а при 200...201 °С – литиевые и натриевые. Охлаждение смазки ведут или с резким перепадом температур, или медленно в варочных котлах либо в специальных аппаратах, так как от режима охлаждения зависят структура мыльного каркаса и качество смазки.

1.1. Классификация и обозначение пластичных смазок

В соответствии с классификацией по ГОСТ 23258–78 пластичные смазки разделены на четыре группы: антифрикционные, консервационные (защитные), канатные и уплотнительные. В каждой группе имеются подгруппы, которым присвоены буквенные индексы.

Наиболее обширная группа смазок – антифрикционные – предназначены для снижения износа и трения. Антифрикционные смазки делятся на подгруппы, обозначаемые индексами: С – общего назначения для умеренных температур (до 70 °С) – солидолы; О – для повышенных температур (до 110 °С); М – многоцелевые, работоспособные при – 30...+130 °С в условиях повышенной влажности; Ж – термостойкие, работоспособные до 150 °С и выше; Н – морозостойкие, работоспособные ниже минус 40 °С; И – противоизносные и противозадирные, работоспособные в подшипниках качения при контактных напряжениях выше 2500 МПа, а в подшипниках скольжения – выше 150 МПа; П – приборные; Т – редукторные (трансмиссионные); Д – приработочные, содержащие дисульфид молибдена, и другие добавки; Х – хими-

чески стойкие к воздействию кислот, щелочей и т.п.; У – узкоспециализированные; Б – брикетные.

Консервационные смазки обозначаются буквой З и предназначены для защиты металлов от коррозии при хранении автотракторной техники, канатные – буквой К. Уплотнительные смазки используются для герметизации зазоров и подразделяются на подгруппы: А – арматурные, Р – резьбовые, В – вакуумные. Канатные и уплотнительные смазки имеют ограниченное применение при эксплуатации автотракторной техники.

Пластичные смазки классифицируются также в зависимости от вида загустителя: мыла, твердые углеводороды, неорганические и органические вещества. Наиболее распространены смазки, загущенные мылами и твердыми углеводородами. В зависимости от металла, входящего в состав мыла, смазки бывают: Ка – кальциевые, На – натриевые, Ли – литиевые, Ал – алюминиевые, кМ – комплексные и др. Углеводородные смазки обозначаются буквой Т.

Рекомендуемый температурный диапазон применения указывают дробью: в числителе – уменьшенная в 10 раз минимальная минусовая температура, в знаменателе – уменьшенная в 10 раз максимальная температура применения. Температурный диапазон имеет ориентировочное значение, так как он зависит от конструкции узла и условий работы.

Дисперсионная среда, которая входит в состав смазки, обозначается буквами: н – нефтяное масло, у – синтетические углеводороды, к – кремнийорганические жидкости, э – сложные эфиры, г – графит и др.

Консистенцию смазки обозначают условным числом от 000 до 7 (всего 10 классов) по аналогии с зарубежной классификацией Национального института смазочных веществ – NLGI (табл.1.1).

Таблица 1.1. Классификация пластичных смазок по классам консистенции

Индекс класса консистенции	Диапазон пенетрации при 25 ^o С	Индекс класса консистенции	Диапазон пенетрации при 25 ^o С
000	445...475	3	220...250
00	400...430	4	175...205
0	355...385	5	130...160
1	310...340	6	85...115
2	265...295	7	Менее 70

Обозначение пластичных смазок состоит из пяти буквенно-цифровых групп, расположенных в определенном порядке: 1 – группа (подгруппа); 2 – загуститель; 3 – рекомендуемый температурный интервал применения; 4 – дисперсионная среда; 5 – индекс класса консистенции.

В качестве примеров приведем обозначение трех смазок и их расшифровку.

Смазка МЛи 4/13-3, где М – многоцелевая смазка; Ли – загуститель – литиевое мыло; 4/13 – температурный диапазон применения от

– 40 до + 130 °С; 3 – класс консистенции (пенетрация при 25 °С составляет 220...205).

Смазка СКА 2/7-2, где С – антифрикционная смазка общего назначения, применяемая при температуре до 70 °С (солидол); Ка – загуститель – кальциевое мыло; 2/7 – рекомендуемый температурный диапазон применения от – 20 до +70 °С (вязкость смазки при – 20 °С близка к 2000Па·с); индекс дисперсионной среды отсутствует, следовательно, смазка приготовлена на нефтяном масле; 2 – класс консистенции смазки (пенетрация при 25 °С составляет 265...295).

Смазка КТ 6/5к-г4, где К – канатная смазка; Т – загуститель – твердые углеводороды; 6/5 – температурный интервал эксплуатации от – 60 до + 50°С; к – смазка приготовлена на основе кремнийорганической жидкости; г – в качестве добавки использован графит; 4 – класс консистенции смазки (пенетрация при 25 °С составляет 175...250).

Такое обозначение пластичных смазок отражает важную информацию о составе, свойствах и области применения конкретных смазок.

Однако в практике использования этих смазочных материалов существует и другая общепринятая маркировка пластичных смазок: *солидол*, *литол-24*, *ЦИАТИМ-201* и др., *ШРУС-4*, *ШРБ-4* и др. Данная маркировка смазок отражена в руководствах на эксплуатацию авто-тракторной и другой техники, в технической литературе, а также при продаже нефтепродуктов.

2. ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОК И ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Антифрикционные пластичные смазки с развитием техники находят все большее применение. Число узлов трения, смазываемых этими смазками, во много раз больше узлов трения, смазываемых маслами. Широкое применение пластичных смазок предъявляет высокие требования к их качественным показателям.

К важнейшим показателям качества антифрикционных пластичных смазок относятся: содержание механических примесей, предел прочности на сдвиг, температура каплепадения, пенетрация, коллоидная стабильность, водостойкость, испаряемость и др. Качественные показатели пластичных смазок оказывают большое влияние на эффективность работы деталей и механизмов машин, для смазывания которых применяются эти материалы. Применение смазок с низкими показателями качества или несоответствующей марки может повлечь за собой уменьшение срока работы деталей вплоть до аварийного состояния механизма и машины.

При этом большое значение также имеют вопросы рационального использования пластичных смазок в период эксплуатации техники.

Для определения основных показателей качества и свойств пластичных смазок созданы специальные приборы (аппараты) и стандарт-

ные методики, которые изложены ниже, а также более подробно описаны в специальной литературе по пластичным смазкам.

2.1. Определение механических примесей в пластичных смазках

К механическим примесям относятся все посторонние органические и минеральные частицы, находящиеся в смазке. Стандартами механические примеси и вода в смазках не допускаются. Однако при неправильном хранении и при выполнении смазочных операций в смазку поступают различными путями механические примеси.

Одним из путей загрязнения смазок является то, что в хозяйства их доставляют в бочках или барабанах по 80...170 кг. На постах технического обслуживания машин смазки перекадывают в мелкую тару. В ряде случаев водители и механизаторы создают свои небольшие запасы смазок, поместив их в различную тару сомнительной чистоты (жестяные банки, полиэтиленовые пакеты и др.), а это приводит к увеличению потерь смазок и их загрязнению.

Наибольший вред приносят абразивные загрязнения смазок, так как вызывают интенсивный износ узла трения при работе машины.

Проведение испытаний. Наличие механических примесей в смазке чаще всего определяют простейшими методами. При этом поступают следующим образом. Вначале определяют внешний вид смазки.

Для определения внешнего вида пластичную смазку необходимо нанести шпателем на пластину размером 50×70×2 мм из оконного стекла при помощи шаблона (внутренние размеры 35×35×2 мм) и рассмотреть в проходящем свете.

Визуальным осмотром определяют цвет смазки, внешний вид, наличие в смазке посторонних примесей. Качественная смазка должна быть однородной, без комков и выделяющегося масла и без различных примесей. Если обнаруживаются механические примеси, то смазку бракуют. Абразивные механические примеси можно также определить, если по тонкому слою смазки, находящейся на стекле, потереть другим кусочком стекла. При наличии в смазке абразивных примесей будет слышен характерный скрип.

Наличие механических примесей в смазке можно определить при помощи микроскопа. Для этих целей следует пробу смазки нанести тонким слоем на поверхность кусочка стекла и при помощи окуляра микроскопа внимательно рассмотреть состав смазки.

При проведении научных исследований образцов смазок с целью определения количества механических примесей каждого типоразмера используют стандарт «Метод определения механических примесей в камере для счисления» (ГОСТ 9270–86). Для проведения данных исследований необходимо иметь микроскоп с окулярным микрометром, дающим 50...60-кратное увеличение, камеру для счисления (Горява,

Бюркера или др.), двухкоординатный препаратодитель СТ-12, необходимые реактивы, материалы и т.д.

2.2. Определение предела прочности на сдвиг пластичной смазки

Предел прочности (ГОСТ 7143–84) является важнейшей эксплуатационной характеристикой пластичной смазки.

Предел прочности на сдвиг характеризуется минимальным напряжением сдвига, при котором в пластичной смазке разрушается структурный каркас и она приобретает текучесть. Значение прочности на сдвиг определяется качеством загустителя и его концентрацией в пластичной смазке. Предел прочности зависит от температуры; при повышении температуры для большинства смазок он снижается. Температура, при которой предел прочности равен нулю, является температурой перехода смазки из пластичного состояния в жидкое. При данной температуре применение смазки является неэффективным. Чем выше предел прочности на сдвиг пластичной смазки, тем лучше она удерживается на поверхности и меньше стекает. В лабораторных условиях предел прочности на сдвиг пластичной смазки определяют на пластомере К-2.

В табл. 2.1 приведены данные о пределе прочности на сдвиг некоторых пластичных смазок.

Таблица 2.1. Пределы прочности на сдвиг пластичных смазок

Смазка	Значение предела прочности на сдвиг, Па, при температуре	
	20 °С	50 °С
Солидол синтетический С (ГОСТ 436 6 – 76)	300...700	200...350
Пресс-солидол синтетический С	70...200	60...180
Графитная смазка УССа (ГОСТ 3333 – 80)	300...700	200...300
Литол -24 (ГОСТ 21150 – 87)	500...1000	400...600
Фил-1	≥ 250	200...350
ЦИАТИМ-221 (ГОСТ 9433 – 80)	250...450	120...300
ЦИАТИМ-201 (ГОСТ 6267 – 74)	350...500	250...350
Смазка № 158 (ТУ938.101.320 – 77)	150...500	150...300
Униол-1	200...500	250...400

За единицу измерения величины предела прочности принят паскаль (Па). Метод определения предела прочности основан на измерении давления, при котором при заданной температуре происходит сдвиг смазки в капилляре пластомера К-2П. Прибор рассчитан на проведение измерений при давлениях до 0,1 МПа (1кг/см²). Давление в приборе создается за счет термического расширения жидкости в резервуаре, нагреваемом электропечью.

Проведение испытаний. Пластомер К-2 (рис. 2.1) состоит из основания со стойкой, по которой вертикально перемещается электропечь

8. Электродпечь нагревает резервуар 7 с маслом для повышения давления, которое контролируют по манометру 5. Воронка 6 служит для добавления масла в прибор, кран 4 – для сообщения воронки с внутренней полостью прибора. Внутри оправки 2 находится капилляр. В комплект прибора входят два капилляра, один – длиной 100 мм, другой – длиной 50 мм. Короткий капилляр применяют в том случае, когда при испытании на длинном капилляре давление превышает допустимое для манометра.

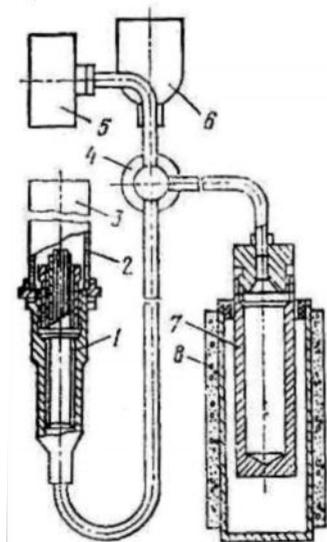


Рис. 2.1. Пластомер К-2:
1 – корпус; 2 – оправка; 3 – защитное стекло;
4 – кран; 5 – манометр; 6 – воронка; 7 – резервуар для масла; 8 – электродпечь.

Корпус 1 пластомера трубкой соединен с внутренней полостью прибора. Все внутренние полости прибора К-2, включая манометр, заполнены маловязким маслом с целью полного вытеснения воздуха.

Мешалка для перемешивания смазки (рис. 2.2) представляет собой полый стальной цилиндр 2 с внутренним диаметром 40 мм и высотой 75 мм. Цилиндр закрывается съемными крышками: нижней 1 и верхней 4. Через верхнюю крышку в цилиндр вставлен поршень 3 со штоком 5. Поршень имеет 38 отверстий диаметром 3 мм. К верхнему концу штока 5 прикреплена рукоятка 6.

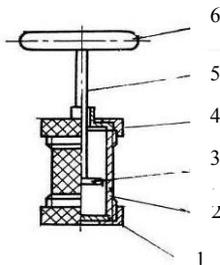


Рис. 2.2. Мешалка: 1 – крышка нижняя; 2 – цилиндр; 3 – поршень; 4 – крышка верхняя; 5 – шток; 6 – рукоятка.

В начале испытаний пробу пластичной смазки перемешивают при помощи мешалки. Затем перемешанной смазкой заполняют обе половинки желоба капилляра. Осторожно, чтобы не вызвать сдвига смазки, соединяют их и надевают кольцо. Смазывают испытуемой смазкой наружную поверхность капилляра и вставляют его в оправку. На нижний обрез буртика оправки надевают резиновую прокладку и устанавливают оправку на выступ в корпусе пластомера. После этого пластомер заполняют маслом, для чего открывают кран 4 воронки 6 и держат его открытым до тех пор, пока уровень масла в корпусе не достигнет верхнего обреза буртика оправки 2. Включают электропечь, обогревающую резервуар с маслом и по манометру контролируют рост давления. После того как давление в системе, достигнув некоторого максимума, начинает снижаться, выключают электропечь 8, открывают кран 4 воронки 6 и медленно вынимают оправку 2 с капилляром из корпуса 1, после чего кран закрывают.

В момент окончания опыта из капилляра выдавливается смазка, что можно наблюдать через защитное стекло.

Обработка результатов. Предел прочности τ (Па) испытуемой пластичной смазки вычисляют по формуле

$$\tau = \frac{10^5 pr}{2l},$$

где p – максимальное давление, определяемое по манометру 5 (кг/см^2);

r – радиус капилляра, см;

l – длина капилляра, см ($l = 5$ см или $l = 10$ см).

За результат испытаний принимают среднее арифметическое двух параллельных определений.

2.3. Определение температуры каплепадения пластичной смазки

Температура каплепадения (ГОСТ 6793–74) – это температура, при которой смазка из пластичного (полутвердого) состояния переходит в жидкое. Плавление пластичных смазок сопровождается значительным

понижением качественных показателей. По температуре каплепадения смазки можно оценить ее работоспособность при повышенной температуре. Для надежного смазывания узлов трения необходимо, чтобы их рабочая температура была на 10...20 °С ниже, чем температура пластичной смазки.

Для определения температуры каплепадения смазок применяют специальный прибор. При определении температуры каплепадения пластичная смазка, нагретая в приборе, размягчается до такого состояния, при котором происходит образование жидкой капли и ее падение после истечения из отверстия прибора.

За температуру каплепадения испытуемой пластичной смазки принимают температуру, при которой падает первая капля или дно пробирки касается столбик смазки, вытекающей из отверстия прибора (длина столбика – 25 мм).

В зависимости от температуры каплепадения пластичные смазки подразделяются на низкоплавкие – с температурой каплепадения до +65 °С, среднетемплавкие – до +100 °С и тугоплавкие – свыше +100 °С.

Проведение испытаний. Прибор для определения температуры каплепадения показан на рис.2.3.

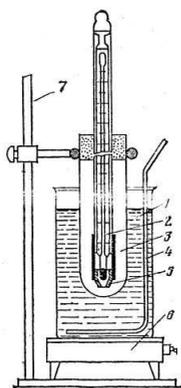


Рис.2.3. Прибор для определения температуры каплепадения: 1 – стакан с водой или глицерином; 2 – специальный термометр с гильзой; 4 – мешалка; 5 – капсула (чашечка) для испытуемой смазки; 6 – электроплитка; 7 – штатив.

В данном приборе используют стандартный термометр типа Уббе-лоде. В нижней части термометра 2 смонтирована металлическая гильза, на которую навинчивается металлическая трубка с отверстием. В отверстие вставляют капсулу (чашечку) 5 стандартных размеров. Термометр укрепляют в пробирке 3 посредством пробки с отверстием. Пробирку размещают на штативе 7 и вставляют в стакан-баню 1, в которую заливают воду или глицерин.

Испытуемую пластичную смазку плотно вмазывают шпателем в чашечку прибора, следя за тем, чтобы на поверхности не было пузырьков воздуха. Лишнее количество смазки снимают ножом. Затем чашечку вставляют в гильзу термометра так, чтобы верхний край ее упирался в буртик гильзы. При этом нижним концом термометра выдав-

ливается через отверстие излишек смазки, который также снимают. На дно сухой чистой пробирки кладут кружок белой бумаги и помещают в пробирку термометр таким образом, чтобы нижний край чашечки находился на расстоянии 25 мм от кружка. Затем пробирку с термометром помещают в водяную или глицериновую баню. Глицерин используют для смазок с температурой каплепадения выше 80 °С. Воду или глицерин подогревают таким образом, чтобы после достижения температуры на 20 °С ниже ожидаемой температуры каплепадения скорость нагревания составляла 1 градус в минуту.

За температуру каплепадения испытуемой пластичной смазки принимают температуру, при которой падает первая капля или дно пробирки касается столбик смазки, выступивший из отверстия чашечки. По полученным опытом данным оценивают работоспособность пластичной смазки при повышенных температурах. За результат испытания принимают среднее арифметическое двух параллельных определений.

Температура каплепадения и температурный диапазон применения некоторых пластичных смазок приведен в табл. 2.2 и 2.3.

Таблица 2.2. Пределы прочности на сдвиг пластичных смазок

Смазка	Температура каплепадения, °С	Температурный диапазон применения, °С
Солидол синтетический С	85...105	-30 ... +85
Пресс-солидол синтетический С	85...95	-30 ... +60
Графитная смазка УСсА	77...90	-20 ... +60
Литол -24	185...205	-40 ... +120
Фиол-1	185...200	-40 ... +120
ЦИАТИМ-221	230...250	-30 ... +150
ЦИАТИМ-201	200...220	-60 ... +150
Смазка № 158	175...190	-60 ... +90
Униол-1	140...160	-30 ... +100
Лита	185...200	-40 ... +120
ШРУС-4	180...190	-40 ... +120
ШРБ-4	180...200	-40 ... +100

Практически установлено, что смазка сохраняет работоспособность до такой температуры смазываемого узла, которая на 15...20 °С ниже температуры ее каплепадения. Однако для современных смазок, загущенных тугоплавкими загустителями (литиевыми или бариевыми мылами), этот показатель не характеризует отмеченных свойств. Так, температура каплепадения литиевой смазки составляет около 190 °С, а максимальная температура узла, для которого применяется литиевая смазка, часто не должна быть выше 100...120 °С.

Температура каплепадения наиболее точно характеризует условия работы углеводородных пластичных смазок.

Таблица 2.3. Характеристика различных типов и марок пластичных смазок

Тип	Марка	Механическая стабильность	Физико-химическая стабильность	Водостойкость	Консервационная способность	Класс консистенции по NLGI	Коллоидная стабильность выделенного масла, % не более	Испаряемость за 1 ч при температуре 100 °С	Смываемость при температуре 40 °С за 6 ч	Диапазон рабочих температур, °С		Относительный предел прочности при температуре 20 °С	Относительная вязкость при температуре 20 °С	Относительный противозадирный показатель	Срок хранения смазки, лет
										min	max				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Кальциевые обычные	Солидол синтетический С (ГОСТ 4366–76)	С*	В*	В	В	2	5	3	0...2	-30	+85	1,00	1,0	1,0	5
	Пресс-солидол синтетический С					1	10	3	1..5	-30	+60	0,30	0,50	1,0	
	Солидол жировой Ж					2	5	3	0...2	-30	+70	0,95	0,5	1,0	
	Пресс-солидол жировой Ж					1	10	3	1...5	-30	+60	0,30	0,3	1,0	
	Графитная смазка УСсА (ГОСТ 3333–80)					2	10	4	10	-20	+60	1,30	0,7	1,1	
Кальциевые комплексные	Униол -1	В	В	С	С	2	10	10	6	-30	+150	0,70	0,5	1,5	3
	Униол -3 и Униол-3 М					2	10	10	6	-50	+140	0,2	0,4	1,05	

Тип	Марка	Механическая стабильность	Физико-химическая стабильность	Водостойкость	Консервационная способность	Класс консистенции по NLGI	Коллоидная стабильность выделенного масла, % не более	Испаряемость за 1 ч при температуре 100 °С	Смываемость при температуре 40 °С за 6 ч	Диапазон рабочих температур, °С		Относительный предел прочности при температуре 20 °С	Относительная вязкость при температуре 20 °С	Относительный противозадирный показатель	Срок хранения смазки, лет
										min	max				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Кальциевые обычные	Солидол синтетический С (ГОСТ 4366–76)	С*	В	В	В	2	5	3	0...2	-30	+60	1,00	1,0	1,0	5
	Пресс-солидол синтетический С					1	10	3	1..5	-40	+50	0,30	0,50	1,0	
	Солидол жировой Ж					2	5	3	0...2	-40	+70	0,95	0,5	1,0	
	Пресс-солидол жировой Ж					1	10	3	1...5	-40	+50	0,30	0,3	1,0	
	Графитная смазка УСсА (ГОСТ 3333–80)					2	10	4	10	-30	+60	1,30	0,7	1,1	
Кальциевые комплексные	Униол -1	В	В	С	С	2	10	10	6	-30	+150	0,70	0,5	1,5	3
	Униол -3 и Униол-3 М					2	10	10	6	-50	14	0,2	0,4	1,05	

Окончание табл.2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Нагривые и нагривое- кальциевые	Смазка 1-13	С	С	Н	Н	3	5	4	3	-20	+110	6,00	1,3	1,2	3	
	Консталин УТ-1					2	5	4	4	-20	+120	6,00	1,3	1,02		
	Консталин УТ-2					2	5	3	3	-30	+100	14,00				
	ЯНЗ-2											2,50	1,0	1,2		
КСБ	2	5	4	5	-30	+110	1,40	2,0	1,1	2						
Литиевые	Лита (ГОСТ 21150-87)	В	В	В	С	2	20	2	1...5	-50	+100	1,30	0,8	1,1	5	
	Литол-24 (ГОСТ 21150-87)					2	5	3	3	-40	+130	1,40	0,9	1,2		
	ЦИАТИМ-221 (ГОСТ 9433-80)					2	7	2	3	-60	+150	1,80	0,8	1,5		
	Фиол-1					1	2	7	7	-40	+120	0,50	0,6	1,2		
	Фиол-2									-40	+120	0,8	0,9	1,2		
	Фиол-3									-40	+130	1,2	1,1	1,2		
	Фиол-2М (ТУ 38.201312-75)					1	2	10 (150 ⁰ С)	0	-40	+120	0,9	0,9	1,5		
	ЛЗ-31					2	3	4	3	-40	+130	5,00	1,4	1,1		
	Зимол (ТУ 38.201285-82)					2	20	0...2	3...4	-50	+100	2,00	1,0	2,4		
	ШРУС-4 (ТУ 38.201312-81)					2	16	4	0	-40	+100	0,80	0,4	1,1		3
	Северол-1					2	15	4	4	-50	+130	1,80	0,8	2,3		5
	ЦИАТИМ-201 (ГОСТ 6267-74)					2	26	10	10...25	-60	+90	1,70	0,7	0,5		4
	ЛСЦ-15					1	15	8	10	-40	+130	1,40	1,0	1,2		5
	Смазка № 158 (ТУ938.101.320-77)					С	В	В	С	2	23	0	25	-30		+100

Барьерные	ЩРБ-4	В	В	В	В	2	20	7	8	-40	+100	0,70	0,5	1,1	3
	МС-70					2	18	5	6	-35	+100	0,60	0,45	1,1	
Углеродные	ВТВ-1 (немывльная смазка)	В	В	В	В	2	22	6	8	-40	+40	2,00	0,2	1,0	5
Силиконовые	Лимол (дисульфидмолиб- деновая смазка)	В	В	В	В	2	17	5	4	-40	+160	1,50	1,0	1,5	5
	Силикол (немывные смазки)					2	18	6	4	-40	+130				

* Примечание: В – высокая; С – средняя; Н – низкая.

2.4. Определение пенетрации пластичной смазки

Пенетрация (ГОСТ 5346–78) характеризует густоту смазки. Значение пенетрации выражается целым числом десятых долей миллиметра по шкале прибора и соответствует глубине погружения в смазку стандартного конуса под действием собственной массы. Чем выше значение пенетрации, тем меньше густота смазки. Смазки с большим значением пенетрации рекомендуют применять зимой, с меньшим – летом.

В технической литературе величину пенетрации различных смазок указывают в округленных числах, кратных пяти.

Изменение пенетрации пластичных смазок при хранении указывает на снижение или увеличение ее густоты. Такую смазку следует быстрее использовать.

Проведение испытаний. Лабораторный пенетрометр ЛП (рис. 2.4) состоит из штатива 1 с плитой, на которой установлен круглый уровень 2 и круглый столик 3. Положение столика по высоте можно регулировать. На штативе 1 укреплен кронштейн 9 с плунжером, индикатор 7 и зеркало (на рисунке не показано).

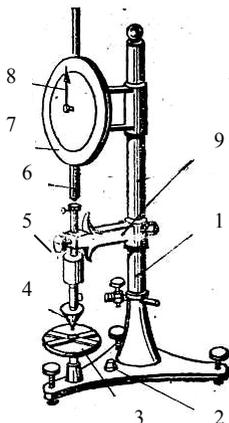


Рис. 2.4. Пенетрометр: 1 – штатив; 2 – уровень; 3 – столик; 4 – конус; 5 – пусковая кнопка; 6 – кремальера; 7 – индикатор; 8 – стрелка; 9 – кронштейн.

Плунжер свободно перемещается в направляющей втулке кронштейна и фиксируется с помощью зажима. Пусковая кнопка 5 служит для освобождения плунжера. К плунжеру прикреплены конус 4 с иглой. Общая масса плунжера конуса с иглой составляет 150 г. Индикатор 7 состоит из кремальеры 6, которая входит в зацепление с шестерней. Ось шестерни соединена со стрелкой.

Опыты проводят следующим образом. Стеклоанный стакан с тщательно перемешанной смазкой помещают на столик и выравнивают поверхность смазки. Избыток смазки снимают. С помощью зажима перемещают кронштейн по стойке так, чтобы наконечник конуса кос-

нулся поверхности смазки. Положение наконечника конуса контролируют с помощью зеркала. При этом необходимо предотвратить возможность соприкосновения конуса со стенкой стакана. Кремальеру 6, снабженную сферическим наконечником, перед измерением подводят к установленному и зафиксированному зажимом плунжеру, после чего стрелку устанавливают на нуль по шкале (360 делений ценой 0,1 мм). При установке индикатора следят за тем, чтобы осталась необходимая длина хода кремальеры (30...35 мм). Этого достигают смещением индикатора вдоль стойки. Затем одновременно включают секундомер и нажимают пусковую кнопку 2. Конус свободно погружается в смазку в течение 5 с, после чего отпускают кнопку, прекращая погружение.

После подсчета показаний по шкале индикатора (в десятых долях миллиметра) приподнимают кремальеру, тщательно очищают плунжер от смазки, выравнивают поверхность испытуемой смазки в стаканчике и повторяют опыт.

За результат испытания принимают среднее арифметическое трех определений, округленное до значения, кратного пяти.

Таблица. 2.4. Классы смазок по API

Пенетрация при температуре 25 °С	Индекс класса консистенции (класс NLGI)
445...475	000
400...430	00
355...385	0
310...340	1
265...295	2
220...250	3
175...205	4
130...160	5
85...115	6
Ниже 70	7

Таким образом, если конус прибора за 5 с опустился в смазку на 25 мм, это значит, что пенетрация равна 250. Результаты опытов показывают, чем больше глубина погружения конуса, тем «мягче» смазка и тем больше величина (число) пенетрации. И наоборот, более твердые смазки характеризуются меньшим числом пенетрации. В соответствии с классификацией API в зависимости от величины пенетрации смазки разделяют на классы (табл. 2.4).

Часто в технической литературе консистенцию (пенетрацию) различных марок смазок обозначают условным классом от 000 до 7, по аналогии с зарубежной классификацией NLGI.

В табл. 2.5 приведены значения чисел пенетрации при 25 °С для некоторых пластичных смазок, применяемых в сельском хозяйстве.

Таблица. 2.5. Пенетрация и коллоидная стабильность пластичных смазок

Смазка	Пенетрация при 25 °С	Коллоидная стабильность, %
Солидол синтетический С	270...330	1...5
Пресс-солидол синтетический С	330...360	2...10
Графитная смазка УСсА	250...270	0,5...4
Литол -24	220...250	8...12
Фиол-1	310...340	15...20
Униол-1	280...320	2...7
ЦИАТИМ-221	280...320	4...7
ЦИАТИМ-201	290...320	16...30
Лита	290...320	15...20
Смазка № 158	265...295	8...15
КСБ	245...275	4...8
ШРБ-4	265...295	18...20

2.5. Определение коллоидной стабильности пластичной смазки

Коллоидная стабильность (ГОСТ 7142–74) характеризует способность смазок сопротивляться выделению из них масляной основы во время хранения и эксплуатации. Количество выделяемого масла увеличивается при повышении температуры и давления. Интенсивное выделение масла недопустимо, так как смазка при этом будет ухудшать свои смазочные свойства. Появление слоя масла на поверхности смазки, например в бочке, при хранении свидетельствует о «старении» смазки, т.е. ухудшении ее эксплуатационных свойств.

Для оценки коллоидной стабильности используют прибор КСА, в котором опрессовывают испытуемую пластичную смазку при заданных нагрузке, времени и температуре. Коллоидная стабильность выражается в процентах (по количеству выделенного масла).

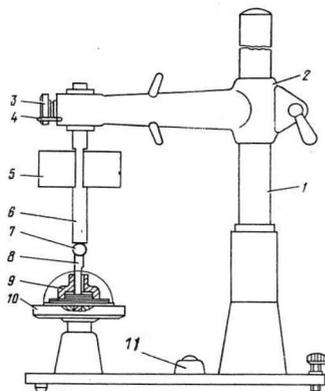


Рис. 2.5. Прибор КСА: 1 – штатив; 2 – кронштейн; 3 – пусковая кнопка; 4 – скоба; 5 – груз; 6 – шток; 7 – шарик; 8 – поршень; 9 – чашечка; 10 – столик; 11 – уровень.

Проведение испытаний. Для определения стабильности служит прибор КСА (рис. 2.5). Он состоит из штатива 1 с плитой, на которой установлен круглый уровень 11 и столик 10. На стойке штатива укреплен подвижный кронштейн 2, в сверлении которого размещен шток 6 с двумя выемками для крепления груза 5. Металлический шарик 7 диаметром 8 мм служит для передачи давления на хвостик поршня 8. На столик 10 устанавливают чашечку 9 для испытаний смазки. Во втулку чашечки 9 вставлен поршень 8, который на хвостовике имеет лыску для предотвращения создания вакуума над поршнем. Общая масса штока, шарика, поршня и груза составляет 1000 ± 10 г.

Прибор также имеет пусковую кнопку 3 и скобу 4 для закрепления пусковой кнопки на кронштейне 2. Чашечку с поршнем взвешивают на аналитических весах, затем в нее вмазывают шпателем испытуемую смазку, не допуская образования пузырьков воздуха и пустот, взвешивают и вычисляют массу смазки, взятой на испытание. Один кружок фильтровальной бумаги смачивают маслом, отжимают между листами фильтровальной бумаги и взвешивают. Стекло со стопкой фильтровальной бумаги (7...9 кружков) помещают на столике штатива. На смазку в чашечке кладут пропитанный маслом кружок фильтровальной бумаги так, чтобы между бумагой и смазкой не было пустот, и ставят чашечку на стопку фильтровальной бумаги, положенную на стекло.

В лунку хвостовика поршня помещают шарик, передающий давление. Нажимают пусковую кнопку, освобождают шток и опускают его до соприкосновения с шариком. На шток надевают груз, нажимают пусковую кнопку, закрепляют его скобой и отмечают время начала испытания. По истечении 30 мин взвешивают чашечку со смазкой и кружком фильтровальной бумаги (погрешность на более 0,0002 г).

Обработка результатов. Количество масла X (%), выделившегося после опрессовывания пластичной смазки, вычисляют по формуле

$$X = 100 \frac{(m_1 - m_2)}{m},$$

где m_1 – масса чашечки со смазкой и пропитанным маслом кружком фильтровальной бумаги до испытания, г;

m_2 – масса чашечки со смазкой и пропитанным маслом кружком фильтровальной бумаги после испытания, г;

m – масса испытуемой смазки, г.

За результат испытаний принимают среднее арифметическое двух параллельных определений.

Результаты определения коллоидной стабильности некоторых пластичных смазок представлены в табл. 2.4.

2.6. Определение вязкости пластичной смазки

Вязкость пластичных (ГОСТ 7163–84) смазок является одним из важнейших эксплуатационных показателей. Вязкость пластичной смазки в отличие от вязкости масла может изменяться при одной и той же температуре в довольно широких пределах и зависит от скорости перемещения ее слоев относительно друг друга. Чем быстрее продавливают смазку через капиллярную трубку, тем меньше становится ее вязкость. Поэтому при определении вязкости смазки нужно фиксировать и температуру, и скорость ее подачи через капилляр.

Вязкость смазки, определенная при заданных скорости деформации и температуре, является постоянной величиной и называется эффективной вязкостью. Эффективную вязкость пластичных смазок определяют с помощью капиллярного вискозиметра АКВ-2 или АКВ-4.

Вязкость смазки зависит также от вида и концентрации загустителя. От вязкости зависит прокачиваемость смазок, затраты энергии на привод в движение смазанных деталей (механизмов).

Проведение испытаний. Общий вид капиллярного вискозиметра АКВ-2 показан на рис. 2.6.

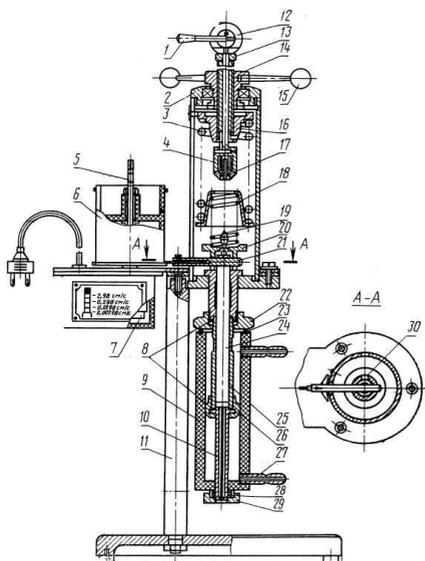


Рис. 2.6. Общий вид вискозиметра АКВ-2: 1 – рукоятка; 2 – стержень; 3 – пружина; 4 – втулка; 5 – ось; 6 – барабан; 7 – электродвигатель; 8 – прокладка; 9 – термостатирующая рубашка; 10 – капилляр; 11 – штатив; 12 – эксцентрик; 13 – винт; 14 – гайка; 15 – рукоять; 16 – стакан; 17 – цанга; 18 – пружина; 19 – штырь; 20 – опора; 21 – карандаш; 22 – гайка; 23 – прокладка; 24 – шток; 25 – измерительная камера; 26 – гайка накидная; 27 – штуцер; 28 – прокладка; 29 – гайка; 30 – винт.

Перед испытаниями вискозиметр АКВ-2 соединен с термостатом 2 и охладителем 3 согласно схеме (рис. 2.7). Испытания проводят следующим образом. Вращением рукоятки 15 (рис. 2.6) опускают винт 13 настолько, чтобы цанга 17 захватила штырь 19. Момент захвата сопро-

вождается легким щелчком. Затем необходимо перевернуть рукоятку *1* на 180 и опустить вниз эксцентрик *12*, вследствие чего зажимается цапга *17*. После этого, вращением рукоятки *15* в обратную сторону, поднимают шток *24* в крайнее верхнее положение (выше нуля).

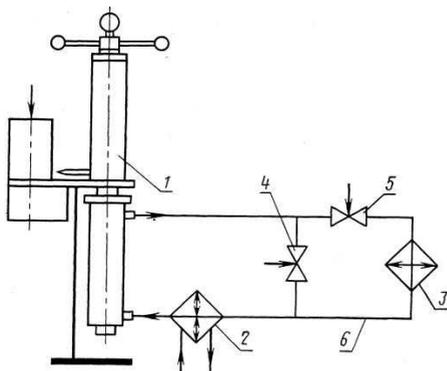


Рис.2.7. Схема подключения вискозиметра АКВ-2:
1 – вискозиметр АКВ-2;
2 – термостат; 3 – охладитель; 4, 5 – запорные вентили; 6 – резиновая трубка.

Снимают термостатирующую рукоятку *9*, капилляр *10* и измерительную камеру *25*. Измерительную камеру промывают бензином и просушивают. Присоединяют камеру с образцом пластичной смазки через прокладку к прибору, плотно привинтив ее гайкой *22*. Затем присоединяют к камере капилляр при помощи накладной гайки *26*.

Запись перемещения штока прибора во время опытов производят при помощи самописца прибора. Для этой цели обертывают барабан самописца листом миллиметровой бумаги, предназначенным для записи так, чтобы нижний обрез его соприкасался с нижним буртиком барабана и прижимают бумагу резиновыми кольцами. Устанавливают необходимую скорость вращения барабана. Затем надевают термостатирующую рубашку *9* на измерительную камеру, закрепив ее при помощи гайки *29* к гайке *22*. В термостат заливают дистиллированную воду или глицерин (при температуре испытаний 125...130 °С) и включают его в сеть. Открывают вентиль *5* (рис. 2.7) и, регулируя расход жидкости через систему при помощи вентиля *4*, в термостате создают необходимую температуру испытания. После этого устанавливают держатель карандаша так, чтобы графит плотно прижился к бумаге на барабане и включают двигатель, вращающий барабан. При вращении барабана карандаш вычерчивает на бумаге горизонтальную линию на уровне, соответствующем максимальной сжатию пружины. Вращением рукоятки вискозиметра стрелку устанавливают на нуль. Затем с помощью рукоятки *1* эксцентрика освобождают от фиксации нагружающую шток пружину и под ее усилием он опускается, создавая в камере давление, под действием которого смазка продавливается из камеры через капилляр в приемник.

По мере разжатия пружины вискозиметра самописец вычерчивает на бумаге кривую линию. Когда записываемая кривая приблизится к горизонтали, переключают скорость вращения барабана на меньшую. При достижении крайнего нижнего положения штока останавливают двигатель барабана самописца.

На листе бумаги самописца получается кривая линия (диаграмма), характеризующая зависимость перемещения штока h от времени t .

Обработка результатов. Для определения вязкости пластичной смазки на диаграмму зависимости перемещения штока (h) от времени (t) накладывают прозрачный трафарет с нанесенной на него наклонной линией, соответствующей данному капилляру и заданному градиенту скорости деформации сдвига. Трафарет передвигают вдоль диаграммы до касания наклонной линии со снятой во время испытаний кривой. Необходимо чтобы при этом горизонтальная линия миллиметровой бумаги. Замечают, какой высоте (h) соответствует точка касания, и по специальной таблице определяют эффективную вязкость пластичной смазки (η , Па·с).

За результат испытания принимают среднее арифметическое результатов двух определений с точностью до целого значения.

Следует отметить, что трафарет, таблица расчетных данных, прозрачный транспортёр и методика проведения расчетов прилагаются к вискозиметру АКВ-2 и имеются на рабочем месте в лаборатории.

2.7. Определение других показателей качества и свойств пластичных смазок

Термическая стабильность (ГОСТ 7143–73). Термическая стабильность характеризует способность смазок сохранять свои эксплуатационные свойства без изменения при повышенных температурах. Свойства большинства смазок при нагреве их на 50...100 °С ниже температур плавления и при последующем охлаждении практически не изменяются. Однако у некоторых смазок после нагрева и охлаждения повышаются плотность, предел прочности и вязкость, вплоть до потери пластичности. Происходит термоупрочнение смазки, которое отрицательно сказывается на ее эксплуатационных свойствах. Термоупрочнившиеся смазки не поступают к рабочим поверхностям в узлах трения в связи с большими значениями предела прочности и вязкости.

Склонность к термоупрочнению смазок определяют на прочномере СК, измеряя предел прочности до и после их нагрева.

Прочномер СК состоит из корпуса, съемного датчика, электродвигателя с понижающим редуктором, приводной втулки, цилиндрической колонки, пружины, контрольной стрелки, стрелки-фиксатора, шкалы и других деталей.

Определение термоупрочнения. Один из датчиков прибора, заполненный испытуемой смазкой, помещают в термостат и выдерживают в

нем 1ч при температуре, указанной в стандарте или технических условиях на смазку. Затем датчик охлаждают до температуры окружающей среды. Второй датчик прибора, заполненный смазкой, термообработке не подвергается.

После этого выдерживают каждый датчик со смазкой в жидкостном термостате в течение 15 мин при температуре 20 °С. Затем при помощи прочномера СК определяют максимальный угол поворота контрольной стрелки (град). Используя результаты опытов и некоторые конструктивные параметры прочномера, по специальным формулам определяют термоупрочнение смазки (в %).

Результат получают на основании сравнения пределов прочности нагретой до определенной температуры смазки и не подверженной нагреву смазки.

Химическая стабильность (ГОСТ 5734–76) характеризуется устойчивостью смазок против окисления при хранении и эксплуатации. Окисление смазок ухудшает многие перечисленные свойства. При повышении температуры окисление смазок ускоряется. Химическая стабильность смазок зависит также от вида загустителя и качества дисперсионной среды.

Химическая стабильность очень важна для долгорботающих смазок, заправляемых в узлы трения один-два раза в течение 10...15 лет или один раз за весь период эксплуатации. Это свойство очень необходимо для смазок, применяемых в современных автомобилях и в другой технике.

По данным технической литературы следует, что при сборке автомобилей, например, на Волжском автозаводе, смазки закладывают более чем в сто различных точек. Для многих узлов трения эти смазки являются несменяемыми за весь период эксплуатации.

Современные пластичные смазки готовят из высококачественных масел и химически стойких загустителей с добавлением специальных присадок. Оценку химической стабильности осуществляют по кислотному числу смазки после ее окисления на меди при температуре 120 °С.

Противокоррозионные свойства смазки. Под противокоррозионными свойствами подразумевают отсутствие коррозионного воздействия смазки на металлические поверхности. Если свежие смазки обладают достаточно устойчивыми противокоррозионными свойствами, то в процессе их применения возможно ухудшение этих свойств. Поэтому после длительного хранения смазки необходимо проверять. Делается это путем погружения металлических поверхностей в смазку и осмотра их поверхности после выдержки в течение определенного времени при повышенной температуре.

Консервационные (защитные) свойства (ГОСТ 0.054–75) характеризуются способностью смазки предохранять металлические поверхности от коррозионного воздействия внешней среды. Консервацион-

ные свойства смазок зависят от следующих факторов: способности удерживаться на поверхности металла, не стекая; водостойкости и воздухопроницаемости. В качестве консервационных непригодны водорастворимые смазки. Качественные пластичные смазки предотвращают коррозию металлов в условиях 100%-ной относительной влажности в течение многих месяцев и даже лет при значительной толщине смазочного слоя.

Водостойкость пластичных смазок оценивается совокупностью свойств: растворимостью в воде, способностью поглощать влагу из воздуха, устойчивостью к действию капельной и струйной воды и др.

Водостойкость прежде всего важнее для смазок, работающих в негерметизированных узлах трения или контактирующих с водой. Влагостойкость смазок зависит главным образом от вида загустителя. Низкой водостойкостью обладают натриевые смазки, повышенной – консервационные (защитные), а высокой – литиевые.

Водостойкость смазок определяют только качественно по изменению внешнего вида (по степени распада) комка смазки в холодной (при 20 °С выдерживают 24 ч) и кипящей (1 ч выдерживают) воде. Если температура плавления смазки ниже 100 °С, испытание в кипящей воде не проводят.

Испаряемость определяется летучестью дисперсионной среды (масляной основы). Увеличение скорости испарения масляной основы сокращает срок службы смазок. При этом смазки высыхают, в результате чего растет вязкость и уменьшается адгезия к металлу. Оценивают испаряемость смазок потерей их массы при стандартных условиях: температуре, давлении, толщине слоя смазки и др.

3. АССОРТИМЕНТ ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОК И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

3.1. Антифрикционные смазки

Пластичные смазки, наряду с другими смазочными материалами, играют важную роль для обеспечения эффективной работы автотракторной техники. Пластичные смазки работают в различных узлах трения: подшипниках качения и скольжения, шаровых шарнирах и т.д.

При сборке сложной автотракторной техники пластичные смазки закладывают во многие узлы трения, количество которых составляет несколько десятков, а иногда и более сотни.

Кроме пластичных смазок белорусского и российского производства, при эксплуатации машин часто применяют смазки других развитых стран.

Главный компонент современных пластичных смазок – загуститель, который и определяет их основные эксплуатационные свойства. Для автотракторной техники применяют следующие типы смазок (по

загустителю): мыльные (литиевые, комплексные литиевые, натриевые и натриево-кальциевые, безводные кальциевые, комплексные кальциевые, алюминиевые и др.), немыельные (неорганические и органические), углеводородные.

По структуре вырабатываемых смазок Республика Беларусь и Россия значительно отстают от европейских стран и США, где основными являются литиевые смазки. Доля литиевых смазок от общего объема их выпуска в США составляют 60 %, в Западной Европе – 70 %, в России – 24 %. Основу ассортимента пластичных смазок, выпускаемых в России, составляют кальциевые смазки (солидол – 45 %) и натриево-кальциевые (31 %).

В данной работе изложены необходимые сведения о пластичных смазках различных марок: их состав, основные эксплуатационные свойства и область применения.

В табл. 3.1 приведены основные характеристики пластичных смазок [4], а в табл. 3.2 – рекомендации по их применению [2,5].

Таблица 3.1. Основные характеристики пластичных смазок

Тип	Водостойкость	Класс консистенции по NLGI	Марка	Диапазон рабочих температур		Заменитель
1	2	3	4	5		6
Кальциевые обычные	Высокая	2	Солидол синтетический С (ГОСТ 4366–76)	–30	85	Любые смазки кроме натриевых и углеводородных, солидолы других марок
		1	Пресс-солидол синтетический С	–30	60	
		2	Солидол жировой	–30	70	
		1	Пресс-солидол жировой	–30	60	
		2	Графитная смазка УСсА (ГОСТ 3333–80)	–20	60	Солидол марки «С» с 10% содержанием графита

Окончание табл. 3.1

1	2	3	4	5		6
Кальциевые комплексные	Средняя	2	Униол-1	-30	150	Литол-24 и другие литиевые
		2	Униол-3 и Униол-3М	-50	140	Северол-1 и другие литиевые
Натриевые и натриево-кальциевые	Низкая	3	Смазка 1-13	-20	110	Любые смазки, кроме кальциевых и углеводородных, другие натриевые
		2	Консталин УТ-1	-20	120	
		2	Консталин УТ-2	-30	100	
		2	ЯНЗ-2	-30	100	
		2	Карданная смазка АМ	-10	100	
		2	КСБ	-30	110	
Литиевые	Высокая	2	Лита (ГОСТ 38-01295-89)	-40	120	ЦИАТИМ-221, Зимол
		3	Литол-24 (ГОСТ 21150-87)	-40	120	Фиол-3, Фиол-2У
		2	ЦИАТИМ-221 (ГОСТ 9433-80)	-60	150	Лита, Зимол
		1	Фиол-1	-40	120	Литол -24, Фиол-2
		1	Фиол-2	-40	120	Литол-24, Фиол-3
		1	Фиол-3	-40	130	Литол -24
		1	Фиол-2М (ТУ 38-201312-75)	-40	120	Литол -24 с 2%-ным содержанием MoS ₂
		2	ЛЗ-31	-40	130	Литол -24, ШРБ-4
		2	Зимол (ТУ38.201285-82)	-50	100	ЦИАТИМ-221, Лита,
		2	ШРУС-4 (ТУ 38.201312-81)	-40	120	Униол-3
		2	Северол-1	-50	130	Униол-3М, ЦИАТИМ-201
		2	ЦИАТИМ-201 (ГОСТ 6267-74)	-60	90	ВНИИ НП-207,-242, Фиол-2У
		1	ЛСЦ-15	-40	130	Литол-24, ШРБ-4, ШРУС-4, смазка № 158
		2	Смазка № 158 (ТУ938.101.320-77)	-30	100	ШРУС-4, Литол-24
2	Силикол (немьльная смазка)	-40	130	Литол-24, Фиол-3, Фиол-3М		
Бариевые	Высокая	2	ШРБ-4,	-40	100	Литол-24, ЛСЦ-15
		2	МС-70	-35	100	
Углеводородные	Очень высокая	2	ВТВ-1 (немьльная смазка)	-40	40	Любые кальциевые и бариевые смазки, Литол-24, фиолы
Силиконовые	Высокая	2	Лимол (дисульфидмолибденовая смазка)	-40	160	Литол-24, ШРБ-4, Фиол-3, Фиол-3М

Таблица 3.2. Рекомендации по применению пластичных смазок в автомобилях

Узлы трения	Рекомендуемая смазка	Периодичность замены, тыс. км.
Ступицы колес	Литол-24, ЛСЦ-15	40...50
Шарниры рулевого управления	Литол-24, солидол синтетический С, пресс-солидол синтетический С	4...5
Шкворни поворотных кулаков	То же	4...5
Подшипники водяного насоса	Литол-24	60...80
Оси педалей, рычагов, валов разжимных кулаков	Литол-24	16...20
Механизмы лебедки	Литол-24, солидол синтетический С, пресс-солидол синтетический С	16...20
Буксирные и седельные устройства	То же	14...20
Игольчатые подшипники карданных шарниров	Смазка № 158	
Шарниры равных угловых скоростей	ШРУС-4	Без замены в герметичных узлах
Промежуточная опора карданного вала	Литол-24, ЛСЦ-15	30...40
Механизм стеклоподъемника, петли дверей	То же	15...20
Выжимной подшипник сцепления	То же	15...20
Подшипники приборов электрооборудования	Фиол-2М, ЦИАТИМ-201	60...80
Гибкий вал спидометра	ЦИАТИМ-201	40...60
Тросы стояночного тормоза и другие	ЦИАТИМ-201, Литол-24	50...70
Рессоры	УСсА	По потребности
Клеммы аккумулятора	Смазка пушечная, ВТВ-1	По потребности

В Республику Беларусь для применения в автотракторной технике поступает значительное количество пластичных смазок ведущих зарубежных фирм. Соответствие марок смазок отечественных и зарубежных производителей приведено в табл. 3.3 [4].

Кальциевые смазки. Кальциевыми принято называть только смазки, загущенные гидратированными кальциевыми мылами. Они известны под названием «солидолы». Это наиболее массовые и дешевые антифрикционные пластичные смазки.

Солидолы загущают в основном мылами синтетических жирных кислот. Для стабилизации в них вводят 10...20% воды (в пересчете намыло). Все кальциевые гидратированные смазки нерастворимы в воде и очень водостойки. При нагревании выше 60...90 °С солидолы любого типа теряют работоспособность. Даже в условиях высокой влажности и при контакте с водой солидолы хорошо защищают металлические детали от коррозии. Солидолы применяют в сборочных единицах автомобилей, тракторов, комбайнов, сельскохозяйственных машин, оборудования ферм и в станочном оборудовании. Температур-

ный режим применения солидолов не выше 60...85 °С. Салидолы выпускаются двух видов: синтетические и жировые.

Таблица 3.3. Соответствие марок отечественных и зарубежных пластичных смазок

Отечественные смазки	Зарубежные смазки фирмы			
	Shell	Mobil	BP	Exxon
Салидол С	Uneda 2, 3, Retinax C, Livona 3	Mobilgrease AA2, Gargoil B60, Greasrex D60	Enegrease C2, C3, GP2, GP3	Chassis XX, Cazar K2
Пресс-салидол С	Uneda 1, 2, 3, Retinax C	Mobilgrease AA, N1	Enegrease C1, C3	Chassis L, H Cazar K1
Графитная УССА	Barbatia 2, 3, 4	Grafited N3	Enegrease C-3G, Enegrease GP-2G	Van Estqn 2
ЦИАТИМ-201	Retinax A, Aeroshell G	Mobilgrease BRB Zero	–	Beacon 325
Литол-24	Alvania R3, Cyprina RA	Mobilux 3	Enegrease L2, Multipurpose	Beacon 3
Фиол-2М	Retinax AM 2	Lithium special	Enegrease L21-M	Beacon Q2
ЦИАТИМ-221	Aeroshell 15, 15A, 22C	Mobilgrease 24, 28	–	Araren BC 290
Лита	Band B	Mobilgrease BRB Zero	Enegrease LC	Lotemp Moly
Зимол	Aeroshell 16	Mobilgrease BRB Zero	Enegrease LT-2	Beacon P-230
Смазка № 158	Alvania, Retinax J	Lithium special	Enegrease L2-M	Beacon Q2
ШРУС-4	Alvania EP2, Darina R2	Mobilgrease special	Enegrease L21-M	Nebula EP2

Салидолы синтетические (ГОСТ 4366–76) представляют собой мягкие маслянистые мази с гладкой текстурой от светло- до темно-коричневого цвета. Их готовят загущением масел средней вязкости гидротированными кальциевыми мылами синтетических жирных кислот. Они отличаются хорошей коллоидной стабильностью. Синтетические солидолы можно использовать и в качестве консервационных смазок. *Салидол С* – наиболее массовый сорт, применяемый в подшипниках качения и скольжения, шарнирах, винтовых и цепных передачах и других узлах трения. Его недостаток – низкая механическая стабильность. *Пресс-салидол С* в основном используют для смазывания узлов трения, работающих при температурах не выше 45...50 °С. Некоторые образцы имеют низкий предел прочности при 20 °С.

Салидолы жировые (ГОСТ 1033–79). Выпускаются две марки жировых солидолов: *пресс-салидол Ж* и *салидол Ж*. Раньше они обозначались *УС-1* и *УС-2*. Жировые солидолы в отличие от синтетических готовят на гидратированных мылах естественных жиров. По внешнему виду и основным характеристикам жировые солидолы близки к синтетическим, но они меньше подвергаются уплотнению при хране-

нии. Кроме этого тиксотропного упрочнения при их отдыхе после разрушения не наблюдается. Несколько лучшие вязкостно-температурные характеристики обуславливают преимущество жировых солидолов. Смазка предназначена для смазывания узлов трения качения и скольжения различных машин и механизмов, работающих при температурах от -25°C до 65°C . В достаточно мощных механизмах (подшипники, шарниры, блоки и т.д.) смазка работоспособна при температурах до -50°C .

Смешивание жировых и синтетических солидолов не ухудшает их эксплуатационные характеристики.

Графитная смазка УСсА (ГОСТ 3333–80) представляет собой мазь черного цвета. Это кальциевая смазка с добавлением 10 % мягкого чешуйчатого графита. Несмотря на плохие низкотемпературные свойства, смазку используют всевозможно в тяжело нагруженных тихоходных механизмах, где увеличение сопротивления, вызываемого смазкой, не имеет практического значения (в рессорах автомобилей, открытых шестернях, торсионных подвесках гусеничных машин и др.). Для точных соединений и подшипников она непригодна. Смазка работоспособна при температуре $-20\dots+70^{\circ}\text{C}$. Заменители – *солидол С*, *солидол Ж* или *литол-24* с добавлением 10 % графита.

Смазка 1-13 жировая (ОСТ 38.01145–80) представляет собой однородную слабозернистую мазь от светло- до темно-желтого цвета, загущена натриевыми мылами жирных кислот, входящих в состав касторового масла. Кроме того, в состав смазки входит немного кальциевого мыла тех же кислот. Недостатки смазки – низкая водостойкость и посредственные низкотемпературные свойства. Используют ее в разнообразных подшипниках качения (ступицы колес, подшипники водяного насоса). Смазка работоспособна при температуре $-20\dots+110^{\circ}\text{C}$.

Консталин жировой – плотная мазь желтого или светло-коричневого цвета с мелкозернистой или слабоволокнистой структурой (ГОСТ 1957–73). И по внешнему виду, и по составу *консталин* и *смазка 1-13* не отличаются друг от друга (правда, в жировом консталине нет кальциевого мыла). Жировой консталин применяют в основном в подшипниках качения, работающих при температурах до 120°C . Ранее выпускались такие универсальные тугоплавкие смазки, как *консталин-1* и *консталин-2*, которые различались температурой каплепадения и числом пенетрации. В настоящее время эти смазки почти не применяются, так как уступают по качеству более современным аналогичным смазкам.

Смазка КСБ. Натриево-кальциевая смазка, представляющая собой желто-золотистую мазь. В смазку для обеспечения токопроводности добавлены чешуйки меди. Применяют ее для контактов переключателя указателя поворотов. Аналогов у нее нет.

Литол-24 (ГОСТ 21150 – 87) – многоцелевая смазка коричневого или вишневого цвета, представляющая собой минеральное масло, за-

гущенное литиевым мылом стеариновой кислоты. В состав смазки входят вязкостная и антиокислительная присадки. *Литол-24* обладает высокой влагостойкостью и не подвержен тиксотропному термоупрочнению. Имеет высокую коллоидную, химическую и механическую стабильность. Смазка водостойка, не растворяется в кипящей воде, работоспособна при температуре $-40...+120$ °С.

Смазку используют в узлах трения автомобилей, тракторов, гусеничных, электрических, дорожно-строительных, сельскохозяйственных и других машин, успешно применяют в игольчатых подшипниках карданных шарниров.

В соединениях, не защищенных от грязи и воды, нецелесообразно применять смазку *литол-24*, как и другие высококачественные смазки. *Литол-24* заменяет многие смазки: солидолы, карданную АМ и др. Если *литол-24* используют в закрытых сборочных единицах (ступицах колес, подшипниках водяных насосов и др.) взамен смазок общего назначения, то сроки проведения смазочных работ увеличивают более чем в 2 раза. Заменитель – *литол-24 РК*.

Литол-24 РК – смесь минеральных масел, загущенных литиевым мылом гидроксистеариновой кислоты. В состав смазки входят антикоррозионная, вязкостная, антиокислительная и защитная присадки. Смазка водостойка, обеспечивает консервацию узлов трения в течение 10 лет, работоспособна при температуре $-40...+120$ °С. Служит для смазывания подшипников качения и скольжения всех типов колесных и гусеничных транспортных средств, электрических машин. Смазка *литол-24 РК* предназначена также для их консервации. Заменитель – *литол-24*.

Смазка №158 литиевая (ТУ 38 101320–77) представляет собой мягкую мазь гладкой текстуры синего цвета, содержит пигмент – фталоцианин меди (этим объясняется цвет смазки), играющий роль загустителя и антиокислительную присадку. Работоспособна при температурах $-30...+100$ °С. Плохие низкотемпературные свойства объясняются приготовлением ее на вязком авиационном масле. Применяется для смазывания подшипников электрооборудования (в течение нескольких лет работает без смены), в игольчатых подшипниках карданных шарниров, где ее можно не заменять в течение 300 тыс. километров пробега. В ряде случаев *смазку № 158* можно заменить на *литол-24* (кроме смазывания игольчатых подшипников). Недостатки смазки – интенсивное окрашивание в синий цвет кожи, одежды, инструмента и т.д.

Лита (ОСТ 37.01298–83) – морозостойкая многоцелевая литиевая смазка. Близка по свойствам к смазке *ЦИАТИМ-201*. Приготовлена на масле веретенном АУ, а в качестве загустителя в нее дополнительно введен церезин 80. Смазка водостойка, обладает низкой механической стабильностью, лучше защищает от коррозии, чем смазка *ЦИАТИМ-201*. Рекомендуется применять в разнообразных узлах трения машин и механизмов, эксплуатируемых в зимнее и летнее время во всех клима-

тических зонах. Смазка работоспособна при температурах от -40 до $+120$ °С.

Смазка ЦИАТИМ-201 (ГОСТ 6267–74) – мягкая мазь желтого или светло-коричневого цвета. Смазка на литиевой основе, ее можно применять до $+150$ °С, но в течение длительного времени она работоспособна при температурах не выше $80\dots90$ °С. По низкотемпературным свойствам является одной из лучших, сохраняет работоспособность до -60 °С. Смазка водостойка, но в связи с мягкой консистенцией может механически смываться с открытых поверхностей. Обладает низкой коллоидной стабильностью, поэтому хранить и расфасовывать в тару более 1 литра нерационально, так как при хранении смазки может произойти отделение масла. Применяют *ЦИАТИМ-201* в узлах трения всех типов (подшипники качения, скольжения, шарниры, трущиеся поверхности и др.) Не рекомендуется применять ее при больших удельных нагрузках.

Смазка ЦИАТИМ-221 (ГОСТ 9433–80) – мягкая мазь белого или светло-серого цвета. Нерастворима в воде. Отличается хорошими низкотемпературными свойствами – ее можно применять до -60 °С (превосходит смазку *ЦИАТИМ-201*). Максимальная температура применения – около $+150$ °С, однако выдерживает кратковременный перегрев до 180 °С. Смазка весьма стабильна химически и инертна по отношению к резине и полимерным материалам. Коллоидная стабильность смазки удовлетворительная, а испаряемость масла даже при 150 °С ничтожна. Чаще всего неплохо работает в подшипниках качения, используется в парах трения резина – металл. Как приборную смазку ее можно использовать в диапазоне температур от -60 ° до 150 °С. Кроме этого выпускаются смазки *ЦИАТИМ-202, 203* и другие, которые предназначены для смазывания зубчатых, червячных передач редукторов, подшипников скольжения и качения, различных силовых приводов, винтовых пар, нагруженных редукторов, механизмов, эксплуатируемых на открытых площадках, узлов трения автомобилей.

Смазка *ЦИАТИМ-208* применяется для смазывания тяжело нагруженных шестеренчатых редукторов гусеничной техники, работающей при температуре от -30 до 100 °С.

Зимол является многоцелевой морозостойкой смазкой, по свойствам и назначению близкой к смазке *лита*. *Зимол* готовят загущением нефтяного масла АСВ-5, обладающего хорошими низкотемпературными свойствами, литиевым мылом 12-гидроксистеариновой кислоты. Смазка характеризуется низкой испаряемостью, хорошими смазывающими свойствами и механической стабильностью. Для смазки *зимол* нормируют индекс задира (не менее 30), и увеличение объема резины марки 26-44 при 70 °С за 125 ч должно быть не более 8%. В смазку вводят комплекс присадок, которые улучшают противоизносные и защитные свойства, а также химическую стабильность. Смазка *зимол* является морозостойким аналогом *литол-24* и предназначена для при-

менения в узлах трения наземной техники. *Зимол* допущен к всесезонному применению наряду со смазкой *литол-24* во всех климатических зонах, но в первую очередь для районов с особо холодным климатом. *Зимол* заменяет *солидолы* всех марок, *консталины*, *смазки 1-13*, автомобильную (*ЯНЗ-2*), а также морозостойкие смазки *ЦИАТИМ-201, 203* и некоторые другие.

Смазки серии *фиол* по составу и основным характеристикам близки к смазке *литол-24* и предназначены для смазывания разнообразных узлов трения автомобилей семейства ВАЗ. *Фиол-1* отличается от *литол-24* менее вязкой смесью базовых масел и более низким содержанием загустителя. Этим объясняются ее меньшие, чем у *литол-24* вязкость и предел прочности, а также лучшие низкотемпературные свойства. Смазка *фиол-1* предназначена для смазывания узлов трения под давлением (через пресс-масленки) и для гибких тросов управления, имеющих оболочку с внутренним диаметром менее 5 мм.

Смазка *Фиол-2* более мягкая по сравнению с *литол-24*, мазь, предназначенная для смазывания узлов трения различных механизмов и машин (аналогично с *литол-24*), работающих при средних нагрузках и температуре не выше 120°C.

Фиол-3 практически идентична смазке *литол-24*, применяется для тех же узлов, что и *фиол-2*. Отличается от последней лучшей способностью удерживаться в узлах трения.

Смазки *Фиол-1, 2, 3* практически во всех случаях могут быть заменены многоцелевой смазкой *литол-24*. Производство четырех марок, близких по составу и свойствам смазок, явно нецелесообразно.

Фиол-2М по составу близка к смазке *фиол-2*, но содержит меньшее количество (2%) дисульфида молибдена, а по остальным параметрам близка к серии *фиол*. Смазка *фиол-2М* используется для смазывания оси октан-корректора автомобилей семейства ВАЗ и др. Смазка является практически несменяемой, так как обеспечивает работу узла при пробегах автомобилей ВАЗ до 100 тыс. километров.

Униол-1 (ТУ 38 УССР 2-01-150-78) – мягкая смазка коричневого цвета, напоминающая по внешнему виду *солидол С*. Изготовлен на мылах высоко- и низкомолекулярных кислот с использованием недефицитного форового сырья – широкой фракции синтетических жирových кислот. Водостоек даже в кипящей воде, термостоек. Отличается высокими противозадирными свойствами, хорошей коллоидной стабильностью. Недостаток – склонность к упрочнению и гигроскопичность.

Смазка *ВНИИ НП-242* по свойствам близка к многоцелевым смазкам, однако на автомобильной технике в таком качестве не применяется из-за цены, которая в 4 раза выше, чем у смазки *литол-24*. Литиевая смазка *ВНИИ НП-242* содержит дисульфид молибдена и применяется в качестве несменяемой в шарнирах рулевой подвески и управления легковых автомобилей семейства ГАЗ. Она водостойка, обладает хо-

рошими противозносными свойствами и низкой испаряемостью, однако имеет низкую механическую стабильность.

Смазка *ЛСЦ-15* применяется в качестве несменяемой в шлицевых соединениях, шарнирах и осях приводов педалей газа и выключения сцепления, в механизмах привода сцепления и стеклоподъемников и других узлах трения легковых автомобилей. Возможно применение смазки *ЛСЦ-15* в ступицах колес наряду с *литол-24*. *ЛСЦ-15* готовится на тех же маслах и загустителе, что и смазки серии *фиол* и *литол-24*, но содержит до 17 % окиси цинка и антиокислительную присадку, которые эффективно предотвращают ее окисление. Смазка обладает высокой водостойкостью, адгезией к металлу и хорошими консервационными свойствами. Температурный диапазон ее применения составляет $-40...+140$ °С.

Смазка *ШРБ-4* применяется в герметизированных шарнирах и подвесках рулевого управления различных марок автомобилей в качестве несменяемой заводского заложения. Смазка *ШРБ-4* является практически единственной выпускаемой в России комплексно-барьерной смазкой. Она обладает высокой температурой каплепадения, хорошими низкотемпературными свойствами, водостойка. Поскольку смазка работает в контакте с резиновыми уплотнениями, предусмотрен контроль ее действия на изменение объема резины – не более ± 12 % после экспозиции в течение 70 часов при 70 °С. Диапазон рабочих температур *ШРБ-4* составляет $-40...+130$ °С.

Смазка *ШРУС-4* – мазь серебристо-черного цвета, разработана для шарниров равных угловых скоростей типа Бирфильд, устанавливаемых на автомобилях ВАЗ-2121 в качестве несменяемой смазки заводского заложения. Смазка *ШРУС-4* приготовлена на литиевом мыле – 12-гидроксистеарате лития, содержит в больших количествах дисульфид молибдена и комплекс присадок, улучшающих ее эксплуатационные свойства. Смазка сохраняет работоспособность до -40 °С и даже до -50 °С. Она водостойка, испаряемость невелика, имеет хорошую механическую стабильность, высокие противозадирные и противозносные свойства. *ШРУС-4* пока не получила широкого распространения на других моделях автомобилей из-за дефицитности сырья, на котором она готовится. Смазка может заменять смазки, применяемые в игольчатых подшипниках, включая *фиол-2у*.

Смазка *ЛЗ-31* применяется в закрытых подшипниках сцепления автомобилей семейств ГАЗ и ЗИЛ в качестве несменяемой заводского заложения. Она готовится загущением синтетического масла, полученного на основе сложных эфиров стеаратом лития. Смазка содержит антиокислительную и антикоррозионную присадки. *ЛЗ-31* неводостойкая, так как сложные эфиры при взаимодействии с водой гидролизуются, но обладает низкой испаряемостью и хорошими вязкостно-температурными свойствами. Температурный диапазон применения составляет $-40...+120$ °С.

Смазка *таврол-2* – смесь минеральных масел, загущенных литиевым мылом жирных кислот. Содержит вязкостную и антикоррозионную присадки. Обладает высокой термической и механической стабильностью. Работоспособна при температуре $-40\dots+150^{\circ}\text{C}$, временно до 170°C . Служит для смазывания узлов трения транспортных средств и промышленного оборудования. Заменитель – *литол-24*.

Смазка *литин-2* – минеральное масло, загущенное литиевым мылом 12-оксистеариновой кислоты и аэросилом. Смазка содержит антиокислительную, противозадирную, противоизносную, адгезионную и противокоррозионную присадки, обладает высокими трибологическими и адгезионными свойствами. Работоспособна при температурах от $-40\dots+120^{\circ}\text{C}$. Предназначена для смазывания игольчатых подшипников карданных шарниров и других узлов трения автомобилей. Заменитель – *литол-24*.

Смазка *лимоп*. Является перспективной дисульфид-молибденовой смазкой, которую применяют при сборке шаровых шарниров с тефлоном автомобилей ВАЗ. Все другие смазки не выдерживают нагрева, предусмотренного технологий сборки шарниров.

Промышленно выпускаются специальные смазки для узлов трения, имеющих малые нагрузки и высокие скорости вращения, как например *ЦИАТИМ-202*, *ВНИИНП-223* и др.

Смазка *ЦИАТИМ-202* – литиевая, в качестве основы используют смесь масел трансформаторного и авиационного МС-14. Применяется в приборных подшипниках, работающих с малыми нагрузками при скоростях до 30000 об/мин в диапазоне температур $-50\dots+120^{\circ}\text{C}$.

Смазка *ВНИИНП-223* состоит из комплексного натриевого мыла, имеет высокую чистоту. Применяется в герметизированных подшипниках приборов при скоростях до 60000 об/мин.

3.2. Консервационные смазки

Важное место среди пластичных смазок занимают консервационные смазки, изготовление которых в основном сосредоточено на нефтеперерабатывающих заводах. Нерастворимые в воде, химически и коллоидностабильные антифрикционные смазки с низкой испаряемостью также можно использовать в качестве консервационных смазочных материалов, так как они обладают хорошими защитными свойствами (солидол, литол-24 и др.).

Смазка *пушечная* (ГОСТ 19537–83) – густая липкая мазь коричневого цвета, изготовленная 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°C . При температуре выше 50°C она оплавляется и стекает с защищаемых поверхностей. Ее исполь-

зуют для защиты от коррозии металлических изделий любой формы и размеров.

Вазелин технический волокнистый ВТВ-1 (ТУ 38 101180–76) отличается хорошим сцеплением с металлом благодаря присутствию в нем адгезионной присадки. Изготовление ВТВ-1 на маловязком масле способствует лучшей морозостойкости по сравнению со смазкой ПВК. Создан и применяется для смазывания клемм аккумуляторов тракторной техники. Смазка не растворяется в электролите и воде.

Смазки АМС-1 и АМС-3 (ГОСТ 2712–15) приготовлены загущением цилиндрического масла алюминиевым мылом стеариновой и олеиновой кислот. Смазки защищают от коррозии металлические изделия даже при прямом контакте с морской водой. Смазки обладают высокой липкостью и влагостойкостью, не смываются водой.

Смазка ГОИ-54 (ГОСТ 3276–74) представляет собой индустриальное масло МВП, загущенное церезином с добавлением антикоррозионной присадки. Данная смазка работоспособна при температуре не выше 50 °С. Ее используют для консервации точных механизмов и приборов на срок до 5 лет.

Смазка НГ-203 (нефтегаз-203, ГОСТ 12328–77) предназначена для долговременной защиты от атмосферной коррозии изделий и механизмов, хранящихся под укрытием или в упаковке в условиях повышенной влажности. Данная смазка имеет также и другое название: масло консервационное *НГ-203*.

Консервационное масло представляет собой масляный раствор сульфоната кальция и окисленного нетролатума.

Смазка НГ-204у (нефтегаз-204, ГОСТ 18974–73) предназначена для долговременной защиты от атмосферной коррозии сельхозмашин, изделий станкоинструментальной и машиностроительной промышленности, цветных металлов и их сплавов в условиях эксплуатации и хранения. Другое название данной смазки – консервационное масло *НГ-204*. Масло представляет собой смесь нитрованного масла (М-8 и др.), окисленного петролатума, нефтяного парафина, синтетических кислот и алюминиевых квасцов.

Для защиты металлических изделий от коррозии применяют также и другие марки пластичных смазок, а также жидкие масла К-17, К19 и др.

Защитные пленочные покрытия. Перспективным классом консервационных и рабоче-консервационных смазочных материалов являются пленкообразующие ингибированные нефтяные составы (ПИНС). Они представляют собой растворенные в специальных растворителях композиции, которые после нанесения на металл и испарения растворителя образуют на поверхности изделий защитные пленки.

Некоторые из перечисленных пластичных смазок изготовлены в соответствии с техническими условиями, номер которых в тексте не указан.

Следует отметить, что в Республике Беларусь на предприятии «Завод горного воска» (концерн «Белнефтехим») производятся следующие пластичные смазки: *литол-24, солидол жировой, ЦИАТИМ-201, 205, канатная, графитная, пушечная и др.*

Значительное количество марок пластичных смазок на рынок нашей страны поступает из России, Украины и других стран.

4. ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОК В УЗЛАХ ТРЕНИЯ

Повышение требований к надежности техники, снижение расходов на ее эксплуатацию являются одними из основных направлений развития современной автотракторной техники.

От узлов и агрегатов автотракторной техники требуется длительная работа без обслуживания, в том числе без пополнения узлов трения смазочными материалами. Это связано с тем, что значительная часть работ по техническому обслуживанию приходится на смазочные операции машин [4].

Доля смазочных работ в суммарных затратах на ТО-1 автомобиля составляет 14...27 %, а при ТО-2 – 13...30 %. В условиях реальной эксплуатации часто бывает, что затраты значительно выше.

В условиях обостряющейся конкуренции на мировом автомобильном рынке сокращение потребности в техническом обслуживании для конкретной модели автомобиля имеет не меньшее значение, чем мощность его двигателя или другие эксплуатационные качества.

Данное требование также актуально для современных энергонасыщенных тракторов и другой техники.

Для современной автотракторной техники применяются, как правило, высококачественные литиевые и другие пластичные смазки. За счет этого в значительной мере повышается эффективность использования различных машин.

В развитых странах ведутся большие работы по созданию высококачественных автомобильных смазок, сокращению числа точек смазки и увеличению сроков эксплуатации до пополнения узлов смазкой.

Анализ динамики изменения числа пресс-масленок на автомобилях российского производства показывает, что число точек смазки грузовых автомобилей все еще велико и на некоторых моделях достигает 60 и выше. В то же время на ряде автомобилей, особенно легковых, внедрение закрытых подшипников и герметизированных узлов позволило резко сократить число точек смазки, а применение высококачественных автомобильных смазок, в том числе многоцелевых, позволило увеличить интервал между смазочными операциями в 3...4 и более раз. Напряженная эксплуатация в более тяжелых условиях, в частности при использовании автомобилей в условиях бездорожья, приводит к более интенсивному износу уплотнений. В таких условиях значительно труднее обеспечить надлежащую герметизацию узлов, особенно

при длительной эксплуатации. Поэтому наряду с узлами, не требующими пополнения смазкой, на многих грузовых автомобилях некоторые узлы, условия работы которых особенно тяжелы, снабжаются пресс-масленками и пополняются смазками в процессе эксплуатации. Положительная роль герметизации узлов проявляется здесь в значительном увеличении интервалов между проведением смазочных операций по сравнению с узлами, уровень герметизации которых недостаточен.

Герметизации узла можно достичь с помощью уплотнений, применения пластичных смазок с хорошими адгезионными свойствами или того и другого вместе. В сущности, пластичная смазка в узлах трения автотракторной техники традиционно использовалась для выполнения двух основных функций – смазывания поверхностей трения и герметизации узла.

Функция герметизации заключается в удержании подвижной части смазки в зоне трения и предотвращении попадания в нее абразивных частиц, агрессивных агентов и влаги извне. Герметизирующая способность смазки определяется ее реологическими свойствами (пределом прочности, вязкостью, адгезией и т.д.) и особенностями узла трения: его размерами, конструкцией, скоростью перемещения деталей подшипника качения или скольжения. Однако чем менее защищен узел трения, тем большие требования предъявляются к герметизирующей способности смазок. В этом случае достаточно эффективными являются смазки, образующие защитные валики на осях, которые улавливают загрязнения, проникающие через неплотности уплотнений.

Наиболее эффективно пластичная смазка препятствует проникновению загрязнений в зону трения узла тогда, когда она применяется совместно с многокромочными или лабиринтными уплотнениями, заполняя объем между кромками. С ростом числа кромок резко сокращается количество абразивных частиц, проникающих в узел, а износостойкость уплотнений резко возрастает. С уплотнениями такого типа исключительно хорошо работают литиевые и комплексные, особенно алюминиевые смазки. Однако многокромочные и лабиринтные уплотнения по конструктивным и иным соображениям устанавливаются пока не на всех автомобильных узлах. Следует иметь в виду, что плотная набивка узла смазкой не только не улучшает герметизации узла, но приводит к прямо противоположному результату, так как при этом в узле возникает циркуляция смазки, которая переносит абразивные частицы в зону трения. Поэтому количество смазки, закладываемой в узел, должно быть оптимальным.

Смазка не в состоянии полностью заменить уплотнения, чем и объясняется неэффективность открытых или недостаточно герметизированных узлов устаревших моделей автомобилей и массовый переход к закрытым и герметизированным узлам преимущественно с несменяемой смазкой.

Применение высокоэффективных уплотнений позволяет в значительной мере освободить смазку от функции герметизации узла и создать благоприятные условия для обеспечения надежной его работы. Одновременно необходимо иметь в виду, что надежная смазка узла в течение всего времени его эксплуатации может быть обеспечена только при наличии уплотнения, не разрушающегося в процессе работы. Известно, например, что уплотнения со скользящим контактом часто выходят из строя быстрее, чем подшипники. Если в этом случае уплотнение не будет заменено, то рабочие поверхности подшипника преждевременно выйдут из строя из-за проникновения внешних загрязнений. В ходе испытаний, проведенных на ряде большегрузных автомобилей, установлено, что нормальная работа подшипников ступиц колес при одноразовой заправке смазкой *литол-24* обеспечивает пробег не менее 40...50 тыс. километров, а в ряде случаев – до 100 тыс. километров. Однако из-за недостаточной износостойкости и надежности уплотнений периодичность смены смазки в этих узлах в зависимости от модели автомобиля установлена 24...33 тыс. километров, т.е. дозаправка предусматривается через 2...3 ТО-2. Аналогичный результат дает применение смазок *литол-24* и *ШБР-4* в герметизированных шарнирах рулевого привода и реактивных тяг.

Узлы трения автотракторной техники обычно работают в сильно загрязненной среде, поэтому требования, предъявляемые к уплотнениям для них, достаточно жесткие. Так, уплотнения должны, прежде всего, обеспечивать герметичность узлов в рабочем диапазоне температур, давлений, скоростей скольжения. Они должны быть совместимы с пластичной смазкой, обладать высокой износостойкостью, быть мало чувствительными к биению валов и одновременно просты в изготовлении и монтаже.

Таким образом, переход автомобильного транспорта и другой техники на высокоэффективные многоцелевые смазки типа *литол-24* и герметизированные узлы трения позволяет получить значительный экономический эффект, который образуется не только за счет сокращения затрат на техническое обслуживание, но и за счет сокращения потребления смазок. Одновременно удастся достигнуть значительной степени унификации и сокращения ассортимента смазок.

Оптимизация количества смазки, заправляемой в узлы трения. Узлы трения автотракторной и другой техники с точки зрения герметизации и условий работы смазок могут быть разделены на следующие типы: узлы трения скольжения – на открытые (или слабо защищенные); герметизированные с несменяемой в процессе эксплуатации смазкой и герметизированные узлы, пополняемые через длительные интервалы времени, а подшипники качения – на обычные и закрытые.

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, обычно короткое время, и смазка, участвующая в обеспечении нормальной работы узла, особенно если смазка обладает недостаточной механической стабильностью и водостойкостью. Типичным примером является разжижение и вытекание солидола из шарниров подвески и рулевого управления и других недостаточно герметизированных узлов автомобилей устаревших моделей уже через 100...300 километров пробега. Таким образом, при заправке негерметизированных узлов теряются значительные количества смазочного материала. Очевиден и другой существенный недостаток в конструкции таких узлов – оптимальное количество смазки сохраняется в узле очень короткое время, а для его пополнения требуются дополнительные расходы на смазку и техническое обслуживание.

Резкое снижение затрат на смазку и техническое обслуживание может быть достигнуто только путем герметизации узлов трения. При этом наиболее эффективно применение узлов с несменяемой смазкой. В герметизированных узлах трения, которые пополняются смазкой в процессе эксплуатации, смена работавшей смазки осуществляется так же, как и в негерметизированных узлах, с тем лишь существенным отличием, что свежая смазка надежно удерживается в них в течение длительного времени до следующей дозаправки. В герметизированные узлы трения скольжения с несменяемой смазкой она закладывается в строго определенном количестве при сборке узла, в процессе работы смазка не только не пополняется, но, что очень важно, не удаляется из узла. Пополнение смазкой герметизированных узлов с пресс-масленками, осуществляемое с длительными интервалами, связано с предотвращением загрязнения смазки, вызываемого износом уплотнений. Эта операция облегчает поддержание количества и режима смазки на оптимальном уровне.

Определение оптимального количества смазки, необходимого для обеспечения нормальной работы подшипников качения, более сложно, чем для подшипников скольжения, и решается в зависимости от условий работы и типа подшипника.

Степень заполнения смазкой подшипника и всего узла в целом является важной, но не всегда учитываемой характеристикой, которая оказывает существенное влияние на поведение смазки в узле и его температурный режим, а в конечном счете – 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 участие в смазывании тел и дорожек качения, она перемещается только в зоне, прилегающей к полости тел качения. В этом случае смазка вытесняется с дорожек качения и из внутренней полости подшипника вскоре после

начала работы узла. Например, из подшипников ступицы колеса в первые же минуты движения автомобиля в полость ступицы выдавливается до 40 % смазки, а из подшипников водяного насоса – 10...30 %. В дальнейшем существенное вытеснение и макроциркуляция смазки прекращаются.

Исследованиями доказано [4], что при плотной набивке пластичной смазкой герметизированных узлов трения автотракторной техники вытеснение ее излишков из подшипника затруднено. Поэтому при работе подшипникового узла в процессе циркуляции вовлекается вся масса смазки, что приводит к увеличению энергетических потерь и перегреву смазки и подшипников. При интенсивном перемешивании большинство смазок разупрочняется и вытекает из узла, однако некоторые смазки могут при отдыхе упрочняться. Затверждение смазок приводит к ухудшению подпитки зоны трения, вследствие чего подшипник быстро выходит из строя. Наиболее склонны к уплотнению комплексные кальциевые смазки. Литиевые и другие перспективные смазки обеспечивают лучшие условия для работы подшипников.

При нормальной набивке смазкой температура подшипника в начале работы резко возрастает, достигает максимума, а затем постепенно снижается и стабилизируется. Отклонения от оптимального количества смазки проводили к изменению температурной кривой.

Оптимизация количества смазки, необходимого для нормальной работы узла, особенно важна в тех случаях, когда предъявляются повышенные требования к пусковым моментам (моментам сопротивления при начале вращения), в частности в процессе эксплуатации техники при пониженных температурах. На примере поддерживающего ролика ходовой части гусеничной машины при использовании смазки *литол-24* доказано [4], что оптимальная набивка (в данном случае 60% от объема полости подшипникового узла) позволяет значительно снизить пусковой момент (табл. 4.1).

Таблица 4.1. Зависимость пускового момента от степени заполнения узла

Степень заполнения узла, %	Пусковой момент ($\text{Н}\cdot\text{м}\cdot 10^{-2}$) при температуре, °С		
	50	0	-50
100	0,6	3,4	31
60	0,15	2,5	21

Оказались несостоятельными и расчеты на то, что избыток пластичной смазки снизит шумность работы подшипников и защитит их от проникновения воды, пыли и грязи. При избытке смазки шум даже возрастает, а в результате перегрева нарушается нормальная работа сальниковых уплотнений. При нагреве смазка расширяется, при отсутствии свободных полостей она выгибает и повреждает сальники, а при охлаждении объем смазки втягивается внутрь подшипникового узла

вместе с загрязнениями, количество которых в процессе работы плотно набитого узла может достигнуть 50 %.

Таким образом, заполнение подшипников и узлов смазкой должно строго нормироваться, хотя до настоящего времени в инструкциях по эксплуатации автомобилей и другой техники этому вопросу уделяется недостаточно внимания и часто встречаются рекомендации по плотной набивке узлов.

Существуют рекомендации, что в зависимости от типа, конструкции и условий эксплуатации степень заполнения узла смазкой должна колеблется в пределах 30...70 %.

Однако часто на практике, независимо от качества герметизации узла, производят полное заполнение полостей пластичной смазкой до тех пор, пока она не начнет выдавливаться через уплотнения. При этом делают предпосылку на то, что все современные смазки водостойкие и они в значительной мере защитят подшипники автотракторной техники от износа и коррозии при работе в условиях повышенной влажности.

В настоящее время на современных моделях автотракторной техники большое распространение получили закрытые подшипники и герметизированные узлы с несменяемой пластичной смазкой. При этом, как правило, в подшипник закладывается оптимальное количество смазки при его сборке.

5. СОВМЕСТИМОСТЬ ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОК

Смешение смазок обычно наблюдается при периодической дозатравке узлов трения автотракторной техники, когда в процессе эксплуатации узел пополняется смазкой того же назначения, что и работавшая, но иного состава. Во многих инструкциях по эксплуатации автомобилей допускается использование в одном и том же узле нескольких сортов смазок – обычно основной и заменителей. В качестве основной все шире используется многоцелевая смазка *литол-24*, которая повсеместно вытесняет старые смазки общего назначения *ЯНЗ-2*, *1-13*, *солидолы* и *консталины*, но последние все еще рекомендуются в качестве заменителей на ряде автомобилей. Смешение смазок в узлах трения возможно при техническом обслуживании автомобилей зарубежного производства, а также из-за отсутствия основного сорта и в результате ошибок.

Совместимость – это способность смазок смешиваться с другими марками смазок и не расслаиваться, не вступать в химические реакции и не снижать показателей качества. Совместимость смазок существенно зависит от типа загустителя, присадок и других факторов.

В России проведены детальные исследования совместимости, включающие оценку реологических, смазочных и эксплуатационных свойств смесей смазок [3]. Установлено, что при смешении смазок их

свойства и эксплуатационные характеристики ухудшаются довольно часто. Однако при смешении совместимых смазок свойства смесей, как правило, занимают промежуточное положение между свойствами исходных смазок. Во многих случаях характеристики смесей изменяются пропорционально изменению состава. Различная совместимость смазок связана с различиями в природе катионов мыл смешиваемых смазок. Смазки без присадок и ПАВ, приготовленные на мылах щелочных металлов – стеаратах лития и натрия, гидроксистеаратах лития, образуют смеси, свойства которых в основном изменяются адекватно. Наиболее полное соблюдение этого правила наблюдается при оценке свойств смесей смазок, приготовленных на обычных мылах с одним и тем же катионом. Например, хорошей совместимостью обладают смазки *лита* и *ЦИАТИМ-203*. Смазки, приготовленные на гидратированных мылах щелочноземельных металлов (например, кальция), при смешении со смазками, приготовленными на мылах щелочных металлов (лития и натрия), образуют смеси с существенными отклонениями показателей. Особенно резко снижается температура каплепадения таких смесей.

Смазки, загущенные мылами тяжелых металлов, плохо совмещаются со смазками, приготовленными на мылах как щелочных, так и легких металлов третьей группы периодической системы Менделеева. Так, при смешении смазок, содержащих мыла лития и свинца, установлена депрессия коллоидной стабильности, предела прочности и противоизносных свойств. Очень плохо совмещаются смазки, приготовленные на смешанных мылах, даже если одна из смазок содержит мыло, содержащееся в другой смазке.

Поскольку эксплуатационные свойства товарных смазок при их смешении в процессе обслуживания автотракторной техники могут существенно ухудшаться, необходимо строго соблюдать инструкции по эксплуатации техники и избегать смешения смазок. При переходе из одного сорта смазки на другой наиболее целесообразна разборка узла с полным удалением старой смазки и его промывкой. Если такая операция по какой-либо причине нежелательна и смешения смазок избежать нельзя, следует прощипривать узел свежей смазкой до ее выхода из узла. Однако доказано экспериментально, что полностью удалить работавшую смазку без разборки различных узлов трения не удастся даже при многократном шприцевании. Так, из рулевых шарниров при четырехкратном шприцевании и обкатке удается удалить не более 60 % заменяемой смазки. Остальная смазка находится в так называемых «мертвых зонах», образование которых вызвано конструктивными особенностями шарниров и нерациональным расположением пресс-масленок, которые обычно устанавливают на боковой поверхности шарниров. Размещение их в крышке корпуса шарнира значительно улучшает степень заполнения узла и соответственно удаление заменяемой смазки.

Совместимость основных автотракторных смазок приведена в табл. 5.1. Следует отметить, что совместимость специализированных автотракторных смазок здесь не рассматривается, так как они применяются в закрытых узлах трения и заменяются только при разборке узлов.

Таблица 5.1. Совместимость товарных автотракторных смазок

Смазка	Литол-24	Зимол	Лита	МЗ-10
Солидол С	Н	Н	Н	С
Солидол Ж	С	С	Н	С
Консталин-1,2	С	—	С	С
1-13 жировая	С	С	С	С
Автомобильная (ЯНЗ-2)	С	С	С	С
ЦИАТИМ-201	С	С	С	С
ЦИАТИМ-203	—	—	С	С
Литол-24	—	С	С	С
Зимол	С	—	С	С
Лита	С	С	—	Н

Примечание: С – совместимые, Н – несовместимые

Смазка *литол-24ПК*, представляющая собой смазку с улучшенными консервационными свойствами, совмещается с другими смазками аналогично смазке *литол-24*.

Для обеспечения максимальной эффективности, надежности и долговечности узла трения пластичные смазки должны быть совместимы со всеми конструкционными материалами, применяемыми в данном узле, особенно с резиновыми деталями. Известно, однако, что некоторые смазки могут оказывать заметное вредное воздействие на резиновые уплотнения. Очевидно, что совместимость смазок с уплотнениями особенно важна для герметизированных узлов трения с несменяемой или редко пополняемой смазкой. 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 проникновение в него загрязнений.

Совместимость смазок с резинами оценивается по изменению массы или геометрических размеров резинотехнических изделий, находящихся в контакте со смазочным материалом, и зависит, с одной стороны, от типа полимера, на котором приготовлена резина и его концентрация, а с другой стороны, – 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 автомобильных смазок служат нефтяные масла, здесь рассмотрена совместимость резин с маслами этого типа. В общем случае нефтяные масла парафинового основания с высоким индексом вязкости в наи-

меньшей степени взаимодействуют с резиной, хотя в некоторых случаях возможна усадка уплотнений. Масла нефтяного основания, особенно при высоком содержании ароматических углеводородов, вызывают набухание резин.

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.

Влияние присадок, содержащихся в смазках, на резиновые уплотнения в зависимости от их типа, химической и поверхностной активности весьма разнообразно и может быть весьма существенным. Так, при изучении набухания резин различных типов в смазках *ЦИАТИМ-201* и *ЦИАТИМ-203* установлено, что первая смазка вызывает набухание нитрильных резин на 17...33 %, а вторая – на 20...45 %, эти же показатели для силиконовых резин составляют соответственно 45...55% и 69...80 %. По-видимому, в этом случае сказывается различный состав и содержание нафтеново-ароматических углеводородов в базовых маслах.

Таким образом, при подборе смазок для узлов трения автотракторной техники с целью обеспечения их надежной работы необходимо учитывать результаты научных исследований по совместимости смазок.

6. ХРАНЕНИЕ, НОРМИРОВАНИЕ РАСХОДА И ПУТИ ЭКОНОМИИ СМАЗОК

Топливо и смазочные материалы хранят на складах, которые для большего удобства располагают вблизи центральной усадьбы. Наилучшими условиями для хранения и сокращения потерь нефтепродуктов созданы в хозяйствах, где нефтесклады построены по типовым проектам. Однако некоторые сельскохозяйственные предприятия имеют нефтесклады, построенные еще по старым проектам или хозяйственным способом.

Правильное хранение пластичных смазок, как и нефтепродуктов в целом, имеет важное значение для сельскохозяйственных предприятий. Пластичные смазки в отличие от большинства нефтепродуктов хранят и транспортируют только в той таре, в которую они были расфасованы при производстве.

Все пластичные смазки, применяемые для автотракторной техники, при хранении достаточно стабильны. При соблюдении правил хранения в них не наблюдается быстро протекающих химических процессов. Скорость последних зависит от температуры, наличия контакта с

цветными металлами, степени заполнения тары и т.д. Наибольшее ускоряющее действие на химические и физические процессы, протекающие в смазках при хранении, оказывает температура хранения.

Все 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 неустойчивые смазки могут выделять до 10...20 % масла). При этом не только нарушается однородность смазки, но одновременно растет ее вязкость и ухудшаются низкотемпературные свойства. Масла, вытекая из тары, загрязняют территорию склада и создают пожарную опасность.

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 хранении смазок в негерметичной таре возможно поглощение ими влаги из воздуха. Свойства обводненной смазки существенно меняются, у большинства смазок снижаются предел прочности и температура каплепадения, но некоторые типы смазок, например комплексные кальциевые, силикагелевые, наоборот, затвердевают [4].

Смазки необходимо хранить в исправной таре в специально оборудованных хранилищах или на складах при возможно более низкой температуре, но не ниже 0 °С, так как в этом случае заправка смазкой смазочного оборудования и узлов трения автотракторной техники затруднена из-за высокой вязкости смазочного материала. Наиболее пригодны для хранения смазок сухие прохладные наземные или полуподземные хранилища. В крайнем случае, допускается краткосрочное хранение смазок под навесами. Необходимо строго соблюдать сроки освежения смазок.

Правила хранения пластичных смазок и рекомендуемые сроки хранения, как правило, изложены в ГОСТах и технических условиях в соответствии с которыми производятся конкретные марки смазок. По данным нормативных документов [4], большинство автотракторных смазок может храниться в закрытой таре в течение 4...5 лет.

Хранение смазок в открытой таре недопустимо, поскольку наибольшую часть смазки, безвозвратно теряемой в эксплуатации, составляют потери от порчи и загрязнения при хранении в открытой крупной таре (бочках). После вскрытия бочки из нее извлекают обычно наибольшую часть, оставшая же смазка загрязняется пылью, водой, посторонними предметами. При необходимости заправки автотракторной техники верхний слой загрязненной смазки приходится удалять.

В настоящее время автомобильные смазки выпускаются нефтемашиностроительными заводами в упаковке от 200 до 0,5 л, а некоторые специализирован-

ные – в еще меньшей упаковке. Основная масса смазок выпускается в крупной таре (деревянные и металлические бочки по 180 кг, бидоны по 20 л).

Для мелких потребителей, а также для владельцев индивидуальных автомобилей наиболее приемлема расфасовка в мелкой и особо мелкой таре (в банках из различных материалов по 0,5; а также тубах емкостью 25...250 мл. Использование мелкой тары способствует более экономному расходованию смазок, так как на стенках мелкой тары остается значительно меньшее количество смазки, чем на стенках крупной тары. 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 настоящее время в таком виде тары выпускаются смазка *ВТВ-1*, паста литол и др. Широкое внедрение прогрессивных видов тары позволит повысить культуру применения и уменьшить нерациональный расход смазок.

Нормы расхода пластичных смазок [5, 9] на работу автомобилей, тракторов и мелиоративно-строительной техники в зависимости от расхода топлива приведены в табл. 6.1 и 6.2.

На расход пластичных смазок и других нефтепродуктов влияет большое число факторов, которые могут быть объединены в следующие основные группы: конструктивно-технологические, эксплуатационные, организационные и связанные с качеством применяемых смазочных материалов.

Таблица 6.1. **Нормы расхода пластичных смазок для автомобилей**

Типы автомобилей	Норма расхода смазок, кг на 100 л расхода топлива
Легковые, грузовые автомобили и автобусы, работающие на бензине и сжиженном газе	0,18...0,20
Грузовые автомобили и автобусы, работающие на дизельном топливе	0,27...0,30
Автомобили БелАЗ, МАЗ	0,25...0,30

Таблица 6.2. **Нормы расхода пластичных смазок на работу тракторов, строительных и дорожных машин (в % к расходу топлива)**

Марка машины	Пластичные смазки
Тракторы:	
Т-130	0,06
Т-150, Т-150 К	0,06
Т-4А	0,02
ДТ-75М	0,02
К-701М	0,02
МТЗ-80/82	0,06
ЮМЗ-6Л, 6Н	0,06
МТЗ-12212 и др.	0,06

Тракторы трелевочные	0,10
Экскаваторы:	
одноковшовые	0,40
непрерывного действия	0,40
Скреперы	0,20
Автогрейдеры	0,50
Краны экскаваторные	0,40

Конструктивно-технологические факторы связаны с оптимизацией количества смазки, закладываемой в узлы трения, и рассмотрены в разделе 4.

К эксплуатационным факторам эффективности использования относятся мероприятия по улучшению качества технического обслуживания и ремонта автотракторной техники, способствующие снижению внутригаражных расходов и ликвидации перерасхода смазок. К ним относятся 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 техники, повышение качества текущего и капитального ремонта.

Анализ потерь смазки при обслуживании автотракторной техники показал, что при поставке смазки в крупной таре на ее стенках остается неиспользованной не менее 2...3% от общей массы поступившей смазки. Сколько же теряется при перекладке ее в меньшую тару? При заполнении шприцев руками или лопатками теряется 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 смазка. 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. Безвозвратно теряется 4...5 % смазки при холостых ходах солидолонагнетателя, которые необходимы для удаления воздуха из плунжерной пары. На поверхности пресс-масленки смазываемого узла остается 2...3% смазки. Кроме того, велики потери из-за неполного удаления смазки из тары, несовершенства смазочного оборудования (потери при заправке узлов), а также вследствие порчи смазок в процессе хранения, особенно в открытой таре из-за окисления, обводнения и загрязнения.

Организационные факторы экономного использования смазок – это система мероприятий по совершенствованию планирования и нормирования расхода смазок, по их строгому бухгалтерскому учету в хозяйствах и исключению хищения смазок.

Важными мероприятиями в организации экономного использования пластичных смазок и других нефтепродуктов являются премирование трактористов-машинистов, водителей и других лиц, достигших реальной экономии, и удержание части стоимости нефтепродуктов с

заработка указанных лиц при неоправданном перерасходе этих материалов.

Нормативные материалы по данному вопросу имеются в каждом сельскохозяйственном предприятии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение: справочник / И. Г. Анисимов [и др.]; под ред. В. М. Школьников. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Техинформ, 1999. 596 с.
2. Лышко, Г. П. Топлива и смазочные материалы / Г.П. Лышко. М.: Агропромиздат, 1985. 336 с.
3. Васильева, Л. С. Автомобильные эксплуатационные материалы / Л.С. Васильева. М.: Транспорт, 1986. 279 с.
4. Автомобильные пластичные смазки / В.В. Ваванов [и др.]. М.: Транспорт, 1986. 144 с.
5. Автомобильные масла, смазки, присадки: справочное пособие / И.И. Гнатченко [и др.]. М.: ООО «Издательство АСТ»; СПб.: ООО «Издательство Полигон», 2000. 360 с.
6. Автомобильные эксплуатационные материалы / И.Л. Трофименко [и др.]. Минск: Вышэйш. шк., 2001. 205 с.
7. Хитрюк, В. А. Автотракторные топлива, смазочные материалы и технические жидкости: лекция / В.А. Хитрюк, И.Д. Кузьмич. Горки: БСХА, 1994. 40 с.
8. Кузнецов, А. В. Топливо и смазочные материалы / А.В. Кузнецов. М.: КолосС, 2007. 199 с.
9. Киселев, М. М. Топливо-смазочные материалы для строительных машин: справочник / М.М. Киселев. М.: Стройиздат, 1988. 271 с.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Состав и классификация пластичных смазок	3
1.1. Классификация и обозначение пластичных смазок	4
2. Показатели качества пластичных смазок и их определение	6
2.1. Определение механических примесей в пластичных смазках	7
2.2. Определение предела прочности на сдвиг пластичной смазки	8
2.3. Определение температуры каплепадения пластичной смазки	10
2.4. Определение пенетрации пластичной смазки	16
2.5. Определение коллоидной стабильности пластичной смазки	18
2.6. Определение вязкости пластичной смазки	20
2.7. Определение других показателей качества и свойств пластичных смазок	22
3. Ассортимент пластичных смазок и их применение	24
3.1. Антифрикционные смазки	24
3.2. Консервационные смазки	34
4. Особенности применения пластичных смазок в узлах трения	36
5. Совместимость пластичных смазок	41
6. Хранение, нормирование расхода и пути экономии смазок	45
Литература	49

Учебное издание

**Анатолий Николаевич Каргашевич
Иван Дмитриевич Кузьмич
Андрей Васильевич Гордеенко**

ПЛАСТИЧНЫЕ СМАЗКИ ДЛЯ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ

Лекция

Редактор Е.Г. Бутова
Техн. редактор Н.К. Шапрунова
Корректор Л.С. Разинкевич

ЛИ № 348 от 09.06.2004. Подписано в печать 01.04.2009.

Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага для множительных аппаратов.

Печать ризографическая. Гарнитура «Таймс».

Усл. печ. л. 3,02. Уч.-изд. л. 2,84.

Тираж 100 экз. Заказ . Цена 3940 руб.

Редакционно-издательский отдел БГСХА
213407, г. Горки Могилевской обл., ул. Студенческая, 2
Отпечатано в отделе издания учебно-методической литературы, ризографии
и художественно-оформительской деятельности БГСХА
г. Горки, ул. Мичурина, 5