

## ИНФОРМАЦИЯ

Задача любого базового масла – образовывать смазочную плёнку между относительно друг друга движущимися внешними поверхностями, которая согласно законам гидродинамики и эластогидродинамики будет препятствовать их контакту. Для этого применяются как минеральные, так и синтетические масла.

**В качестве базовых масел в первую очередь применяются следующие масла:**

1. Минеральные, в т.ч. растительного происхождения.
2. Полиальфаолефины (РАО, ПАО).
3. Полигликоли (полиалкиленгликоли).
4. Полиэфиры различного химического состава.
5. Фосфатный эфир.
6. Полифениловые сложные эфиры.
7. Фторированные эфиры.
8. Силиконовые масла.

**Минеральные масла** могут применяться в температурном диапазоне от -30°C до max. +150°C. При высоких температурах возникают продукты старения (окисления), которые влияют на эффективность смазки и в виде твердых отложений (продукты коксования и масляного нагара) осаждаются в трансмиссиях и/или гидравлических системах. Процесс старения становится критически заметным при продолжительном воздействии температур от +90°C, а при температурах свыше +140°C минеральные масла старятся очень быстро. Вязкостно-температурные свойства парафиновых масел самого высокого качества хуже, чем у большинства синтетических масел (индекс вязкости max. 95). По отношению к уплотнительным материалам данные масла ведут себя в основном нейтрально. Так же они не разрушают лакокрасочные покрытия, т.е. совместимы с внутренней окраской редукторов.

### Синтетические масла:

**Полиальфаолефины (ПАО)** - это синтетически полученные углеводородные связи, структура которых представляет собой разветвленные парафиновые углеводороды и поэтому они сходны с парафиновыми минеральными маслами. Однако, в противоположность им, полиальфаолефины обладают отличными низкотемпературными свойствами (температура застывания от -55°C и ниже). По сравнению с минеральным маслом такой же вязкости (при +40°C) они более устойчивы к окислению, а значит и старению, менее склонны к испарению и имеют значительно более высокий индекс вязкости, находящийся в диапазоне температур: от -60°C до +200°C. Они абсолютно устойчивы к сдвигу, смешиваемы с минеральными маслами и сложными эфирами в любых пропорциях. По отношению к уплотнительным материалам не всегда ведут себя нейтрально, воздействие данных материалов с низкой вязкостью может вызвать усадку некоторых уплотнительных материалов.

**Сложные эфиры** – это органические соединения, возникшие в результате реакции спиртов и органических кислот при отщеплении воды и подразделяющиеся на:

**Дизфиры** – возникают в результате реакции обмена двухатомной угольной кислоты с одноатомными спиртами.

**Полиолиевые эфиры** – возникают в результате реакции одноатомной угольной кислоты с многоатомными спиртами.

Масла на базе эфиров сохраняют свою текучесть при низких температурах. Обычно их температура застывания находится в диапазоне: от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $-70^{\circ}\text{C}$ . Они характеризуются более высокой стабильностью к окислению и низкими потерями от испарения по сравнению с минеральными маслами. Масла на базе эфиров можно использовать при температурах от  $-60^{\circ}\text{C}$  до  $+200^{\circ}\text{C}$ . Эфиры можно смешивать с минеральными маслами в любых пропорциях. Благодаря полярному характеру сложные эфиры обладают хорошими растворяющими свойствами. Они обеспечивают растворение возникающих под воздействием температур продуктов окисления и старения в масле до мягкого осадка. С другой стороны, свойство растворять органические материалы приводит к условной совместимости с уплотнительными материалами, которые под воздействием эфиров размягчаются, так же в связи с возрастанием длины и степенью разветвленности молекул размягчение уплотнителей усиливается и кроме этого может быть повреждена лакокрасочная поверхность. Но такая полярность имеет решающее преимущество, которое заключено в том, что масла на базе эфиров имеют отличное химическое сродство металлам и образуют прочно прилипающую плёнку, которую даже при низкой вязкости масла можно подвергать высоким нагрузкам. Сложные эфиры вызывают хорошее срабатывание присадок, но имеют один недостаток, все масла на их основе – низковязкостные.

**Полигликоли (полиалкиленгликоли)** - материалы обладающие высокой устойчивостью к окислению, хорошими вязкостно-температурными свойствами (высокий индекс вязкости) и морозостойкостью (низкая температура застывания). Их применяют в температурном диапазоне от  $-50^{\circ}\text{C}$  до  $+200^{\circ}\text{C}$ . *Данные материалы не смешиваемы с маслами на минеральной и синтетических основах*, за исключением смешивания со сложными эфирами (требуется последующее подтверждение работоспособности методом технических испытаний, тем не менее смешивание не рекомендуется). При определённых обстоятельствах полиалкиленгликоли могут разрушать уплотнения, лакокрасочные покрытия и даже металлы (например: алюминий, сепаратор подшипника и т.д.). В некоторых случаях практического применения может потребоваться проверка на совместимость с некоторыми видами уплотнений. Растворимость в них присадок только условная – при температурах свыше  $+180^{\circ}\text{C}$  они испаряются, практически не образуя осадок. Обладают превосходными смазывающими свойствами, которые при использовании других масел возможно достичь только добавлением так называемых EP-присадок (Extreme Pressure англ. – высокое давление).

**Силиконовые масла** – обладают исключительно хорошими свойствами при низких температурах, высокой антиокислительной стабильностью, а также высоким индексом вязкости. Их допустимо применять при температурах от  $-60^{\circ}\text{C}$  (и ниже) до  $+250^{\circ}\text{C}$ . *Силиконовые масла не смешиваемы с другими видами масел*. По отношению к уплотнительным материалам и лакокрасочным поверхностям нейтральны. Самый большой недостаток – слабое поверхностное натяжение и слабая полярность, что затрудняет образование на поверхности прочной смазочной плёнки. Они отлично подходят для смазки пар трения полимер-металл и полимер-полимер, но не подходят для смазывания тяжело нагруженных трансмиссий, агрегатов и механизмов. Производятся с различными классами вязкости. Растворимость обычных присадок в них плохая.

**Алкоксилфторовые масла** – в отношении термической и химической стабильности превосходят все другие синтетические масла. Они обладают очень хорошими вязкостно-температурными свойствами, у них кроме всего прочего относительно высокая плотность примерно =  $1,9$  г/мл. По отношению к уплотнительным материалам, лакокрасочным покрытиям и полимерам они нейтральны. Диапазон температур применения: от  $-30^{\circ}\text{C}$  до  $+250^{\circ}\text{C}$  (и выше). *Алкоксилфторовые масла не смешиваются ни с какими другими видами масел*. Поскольку они термически стабильны и выдерживают высокие нагрузки, то они в основном используются в качестве базовых масел для высокотемпературных смазок. Однако их низкое сродство с металлами требует специальную предварительную обработку поверхности трения. Данные материалы имеют очень высокую стоимость. Присадки в них не растворимы, поэтому процесс их добавления в масло чрезвычайно трудоёмок.

**Загуститель** – это материал, задача которого состоит в том, чтобы превратить жидкое базовое масло в консистентный материал, не стекающий с места смазывания. С одной стороны загуститель не должен растворяться в масле, с другой он должен вступать с ним в тесное взаимодействие. Не растворяясь он должен разбухать в базовом масле, образуя желеобразную массу и сепарировать небольшое количество масла для обеспечения точки смазки.

#### **Смазки с загустителями (мыла металлов):**

**Кальциевые** – обладающие очень хорошей водостойкостью и адгезионной способностью по отношению к металлам. Значительный недостаток – низкая максимальная температура применения, примерно равная  $+60^{\circ}\text{C}$ . Это обусловлено тем, что стабильную структуру кальциевой смазки можно получить только при содержании порядка 10% от массовой доли мыла. Если удалить эту так называемую гидратную воду, то последует разделение структуры смазки на масло и мыло, смазка размягчится. Кроме всего прочего они не обладают достаточной механической стабильностью для смазки подшипников качения при большом числе оборотов. Однако идеально подходят для смазывания подшипников качения и скольжения с низким и средним числом оборотов в условиях влажности при температурах ниже  $+60^{\circ}\text{C}$ . Обычно производятся с вязкостью от  $10 \text{ мм}^2/\text{с}$  до  $100 \text{ мм}^2/\text{с}$  при  $+40^{\circ}\text{C}$ . Наиболее распространённый класс вязкости NLGI 2. Для целей герметизации так же выпускается смазка 3 класса. Более высокий класс загущения встречается крайне редко. Для применения при низких температурах, примерно до  $-40^{\circ}\text{C}$  можно встретить такие смазки классов 1 или даже 0.

**Натриевые** – наименее распространенные смазки. Однако у них есть преимущества для отдельных конкретных целей применения, например, из-за своей длинноволокнистой структуры они применяются для смазки закрытых трансмиссий, а так же для высокооборотных шпиндельных систем подшипников. Максимальная температура применения составляет около  $+100^{\circ}\text{C}$ . Существенный недостаток данной группы смазок – плохая водостойкость, причиной которой является растворимость натриевого мыла в воде. Способность растворять в себе небольшое количество воды существенно не изменяя консистенцию зачастую рассматривается как преимущество с точки зрения антикоррозионной защиты. Производятся исключительно консистенции классов 0, 00 и 000 на основе минеральных базовых масел. Вязкость базового масла обычно составляет от  $100 \text{ мм}^2/\text{с}$  до  $220 \text{ мм}^2/\text{с}$ . Смазки консистенции 1 и 2 встречаются крайне редко.

**Литиевые** – смазки объединяющие в себе преимущества кальциевых и натриевых смазок. Они обладают хорошей водостойкостью, хоть и не такой ярко выраженной как у кальциевых смазок, кроме этого, их максимальная температура применения около  $+140^{\circ}\text{C}$ . Сегодня эти смазки используются в большинстве случаев, т.к. кроме этого они устойчивы к сдвигу и имеют стабильную структуру. В качестве загустителя используется литий-12-гидроксистеарат. В качестве базовых масел обычно используют минеральные масла с вязкостью от  $10 \text{ мм}^2/\text{с}$  до  $1000 \text{ мм}^2/\text{с}$  при температуре  $+40^{\circ}\text{C}$ . Характерная вязкость как правило в диапазоне от  $80 \text{ мм}^2/\text{с}$  до  $200 \text{ мм}^2/\text{с}$ . Вязкости от  $10 \text{ мм}^2/\text{с}$  до  $50 \text{ мм}^2/\text{с}$  используют, как правило, если необходимо получить хорошие низкотемпературные свойства примерно до  $-50^{\circ}\text{C}$ . Более высокая вязкость, как правило свыше примерно  $250 \text{ мм}^2/\text{с}$  нужна для производства смазок выдерживающих высокие нагрузки при низких скоростях. Наиболее часто применяются в установках централизованной смазки. В этой группе преобладают смазки 2 класса консистенции, хотя не менее редко встречаются смазки 1 и 3 классов, а также материалы классов 0 и 00.

**Бариевые** – смазки уступающие литиевым по температурным режимам, но превосходящие их по водостойкости. Температуры применения составляют порядка от  $-20^{\circ}\text{C}$  до  $+120^{\circ}\text{C}$ . По применяемости базовых масел и их вязкости аналогичны литиевым смазкам, за исключением применения вязкости от  $10 \text{ мм}^2/\text{с}$  до  $50 \text{ мм}^2/\text{с}$ , так как данные смазки не рассчитаны на применение при очень низких температурах. Преобладающий класс вязкости согласно NLGI 2, гораздо реже могут встречаться и другие классы. В данное время этот тип смазок мало распространён и практически не рекомендуется OEM\* в связи с появлением поликарбамидных (полиимочевинных) и сульфонат кальциевых смазок (превосходят бариевые смазки в несколько раз по всем основным параметрам, включая водостойкость), хотя ещё и продолжает выпускаться некоторыми производителями.

Кроме всего прочего бариевое мыло является достаточно токсичным и вредным для окружающей среды и человека.

**Литиево-кальциевые** – смазки с комбинированным загустителем с большей долей лития и меньшей кальция обладает всеми положительными качествами литиевых пластичных смазок, но обладают большей водостойкостью, практически равной кальциевым смазкам.

**Комплексные пластичные смазки** - возникают в результате одновременного или последовательного омыления различных кислот одним омылителем. Т.е. комплексные смазки – это смазки, кислотные компоненты которых состоят из смеси различных кислот. Их можно применять при значительно более высоких температурах, чем обычные смазки.

**Комплексные кальциевые** – смазки которые можно применять в подшипниках качения при прерывной досмазке при температурах до +160°C, при непрерывной досмазке до +200°C. По сравнению с обычными кальциевыми смазками их водостойкость меньше, то же самое имеет место в отношении стабильности по сравнению с обычными литиевыми. Достаточно не плохо работают при высоких нагрузках даже без специальных EP-присадок. При температурах свыше +160°C в централизованных системах смазки они начинают затвердевать с последующим разрушением мыльного загустителя, образуя карбонат кальция и кетон, что делает их значительно более легко воспламеняемыми, чем любые другие. В качестве базового масла для производства комплексных кальциевых смазок используется минеральное масло с вязкостью от 50 мм<sup>2</sup>/с до 200мм<sup>2</sup>/с при +40°C. Преобладающий класс NLGI 2.

**Комплексные алюминиевые** – смазки предназначенные для долговременного использования при температурах около +150°C. У них относительно хорошая водостойкость. При температурах свыше +150°C структура мыла необратимо разрушается, что с одной стороны можно считать преимуществом при работе с централизованными системами смазки, однако, с другой стороны, это приводит к сильному износу подшипника и требует обильного дополнительного смазывания. Производятся на основе минеральных масел вязкостью от 50 мм<sup>2</sup>/с до 400 мм<sup>2</sup>/с при +40°C преимущественно 2 класса консистенции. Часто можно встретить эти смазки в виде аэрозолей 0, 00 и 000 классов, используемые в них базовые масла вязкостью от 400 мм<sup>2</sup>/с до 2500 мм<sup>2</sup>/с.

**Комплексные литиевые** – температурный предел при долговременном использовании комплексных литиевых смазок находится в районе примерно +150°C, однако с возможностью применения при кратковременной температурной нагрузке до +200°C без постоянного досмазывания. Хорошо зарекомендовали себя прежде всего для применения в качестве смазочного материала небольших высокоскоростных подшипников, например, подшипников колёс автомобилей или подшипников вентиляторов. Для подшипников большого размера они подходят меньше. Имеют преимущественно 2 класс консистенции, базовое масло минеральное с вязкостью около 150 мм<sup>2</sup>/с при +40°C. При очень низких (до -60°C) или очень высоких температурах (до +1200°C), а также для подшипников с большим числом оборотов ( $n \times c/m$  до  $1.5 \times 10^6$ ) применяют смазки на базе эфиров, полиальфаолефинов или их смеси. Для смазки арматуры используются силиконовые масла с очень высокой вязкостью (до 40000 мм<sup>2</sup>/с).

#### **Другие виды пластичных смазок:**

**Бентонитовые смазки** – выдерживают температуры до +150°C. Они относительно водостойки. Бентонит, с химической точки зрения, это чистый глинозем. При термических перегрузках склонны к очень сильному коксованию, что представляет большой производственный риск, который можно предотвратить, используя только очень интенсивное досмазывание большим количеством смазки. Вытекания смазки, характерное для других видов смазок при долговременных высоких температурах, не наблюдается. Данные смазки производятся 2 класса консистенции и ниже на базе минерального масла вязкостью около 500 мм<sup>2</sup>/с при +40°C. Они не совместимы с другими пластичными смазками.

**Гелевые смазки** – это смазки, загустителем в которых выступают хорошо растворяющиеся кремниевые кислоты, которые имеют вид аморфного, белого, очень мелкого порошка. Используются при температурах до +150°C. В качестве базовых масел применяется минеральные масла вязкостью 200 мм<sup>2</sup>/с при +40°C. Так же могут применяться и синтетические масла вязкостью от 400 мм<sup>2</sup>/с до 9000 мм<sup>2</sup>/с или выше (для арматурных смазочных материалов).

**Графитные смазки** – это смазки с различными типами загустителей в которых твёрдым смазочным веществом выступает чёрный или серебристый графит. Температурный режим данных материалов: от -30°C до +140°C, при использовании синтетических базовых масел положительная температура применения может достигать примерно до +190...+210°C. Базовые масла как правило минеральные с вязкостью от 80 мм<sup>2</sup>/с до 200 мм<sup>2</sup>/с. Основной класс консистенции NLGI 2.

**Дисульфид молибденовые смазки** – дисульфид молибдена (MoS<sub>2</sub>) служит твёрдым смазочным веществом, внешне напоминает чёрный графит, но обладающий гораздо более высокими показателями смазывания (уменьшения трения) и устойчивости к высоким термическим нагрузкам. В зависимости от базового масла смазка может надёжно работать при температурах: от -50°C до +800°C, так как в зоне высоких температур после выгорания базового масла создаётся термически стабильная сухая смазочная плёнка. Как правило такие типы смазок подразделяются на смазки, компаунды и пасты. Вязкость базовых масел может колебаться от 100 мм<sup>2</sup>/с до 9000 мм<sup>2</sup>/с. Наиболее распространённый классы NLGI 2, также могут встречаться 1 и 3 классы. Также смотрите *Дополнение*.

**Поликарбамидные (полимочевинные) смазки** – смазки с поликарбамидами на минеральном базовом масле способные выдерживать долговременное воздействие температур до +180°C, с кратковременными термонагрузками вплоть до +230°C. При использовании синтетических базовых масел эти значения выше на 20-30°C. Эти смазки превосходят смазки на литиевых и комплексных литиевых мылах по высоко и низкотемпературным свойствам, водостойкости и служат минимум в два раза дольше их. Хорошо подаются в централизованные системы смазки. Благодаря интенсивной по сравнению с другими пластичными смазками связи масла и загустителя их рекомендуют применять при вибрационных нагрузках, т.к. загуститель органический, то при высоких температурах он улетучивается не образуя золы. Основные классы NLGI 1 и 2, иногда встречается промежуточный класс 1.5. Показатель вязкости базовых масел от 200 мм<sup>2</sup>/с до 400 мм<sup>2</sup>/с. Очень часто рекомендуются OEM\* как несменяемые смазки на весь срок службы узлов машин.

**Сульфонат кальциевые** – смазки загустителем в которых выступает нейтральный сульфонат кальция относящийся к зольному типу присадок. Рабочие температуры смазок как правило лежат в диапазоне температур от -40°C до +230°C. В большинстве случаев превосходит другие высокотемпературные смазки на основе комплексных литиевых, комплексных алюминиевых мыл и на основе поликарбамидных загустителей. Большим преимуществом данных смазок является их высокая безопасность в отношении окружающей среды, кроме этого достаточно часто рекомендуются OEM\* как несменяемые смазки на весь срок службы. Основной класс согласно NLGI 2, но иногда можно встретить другие классы вязкости. Показатель вязкости базовых масел от 100 мм<sup>2</sup>/с и выше.

**Фторопластовые (PTFE, ПТФЕ)** – смазки загустителем и твёрдым смазочным веществом в которых служит фторопласт (продукт полимеризации фторпроизводных олефинов) он же политетрафторэтилен или иначе говоря Teflon®. Работоспособны как правило при температурах от -60°C до +250°C, без доступа воздуха до примерно +280°C. Рабочие режимы температур зависят от показателей базовых масел. Вязкость базовых масел может колебаться от 100 мм<sup>2</sup>/с до 500 мм<sup>2</sup>/с. Как правило производятся с классом консистенции 2, хотя могут встречаться также 1 и 3 классы загущения. Обладают не плохой устойчивостью к водным средам и являются наиболее биологически безопасными смазками из выше перечисленных.

**Перфторполиэфирные (PFPE, ПФПЕ)** – смазки в которых могут использоваться, в зависимости от целей применения, различные типы загустителей, чаще всего PTFE (Тефлон), но базовым маслом всегда служит перфторполиэфир. Работоспособны как правило при температурах от примерно -40°C до +280°C, без доступа воздуха до +300°C. Вязкость базового масла как правило от 100 мм<sup>2</sup>/с до 500 мм<sup>2</sup>/с. Наиболее распространённые классы консистенции согласно NLGI 1 и 2. Очень редко можно встретить и другие классы вязкости. Пригодны для работы в средах кислорода. От всех других пластичных смазок их отличает достаточно высокая стоимость, связанная с тем, что перфторполиэфирное масло (термически сверхстабильное синтезированное масло) во всём мире, получают в очень малых количествах. Достаточно часто рекомендуются OEM\* как несменяемые смазки на весь срок службы.

**Компаунды и пасты** – смазки производимые на основе различных базовых масел и типах загустителей с внесением достаточно большого количества **твёрдых смазочных материалов**. Чаще всего служат как разделительные (компаунды/пасты), противозадирные (пасты) и уплотняющие материалы (компаунды). Как правило **не подходят** для смазки подшипников качения и скольжения. Пределы температур работоспособности примерно от -60°C до примерно +1400°C. Вязкость базового масла зависит от его типа, и может быть в пределах от 200 мм<sup>2</sup>/с до 9000 мм<sup>2</sup>/с. Наиболее распространённый классы согласно NLGI 1 и 3, но также могут встречаться классы вязкости 2 и 4.

**Твёрдые смазочные материалы** – предназначены для внесения в масла и смазки с целью предания дополнительных смазывающих или иных свойств в зависимости от требований предъявляемых OEM\*.

**Существуют следующие виды** (с различным % содержанием, как правило, указываются в характеристиках смазочных материалов их производителями):

1. Комплексные.
2. Медные.
3. Алюминиевые
4. Цинковые.
5. Никелевые.
6. Графитные.
7. Дисульфид молибденовые.
8. Неметаллические.
9. Керамические.

**\*Примечание:** OEM или O.E.M. (Original Equipment Manufacturer) – производители оригинального оборудования.

**Дополнение:** Дисульфид молибдена работоспособен до +800°C в вакууме. В атмосферных условиях дисульфид молибдена обеспечивает достаточно низкое трение, причем нагрев до +200°C приводит к улучшению его смазочных свойств вследствие удаления адсорбированных водяных паров. При температуре свыше +350°C коэффициент трения значительно возрастает, поскольку при превышении этой температуры дисульфид молибдена окисляется с образованием триоксида молибдена, не обладающего трибологическими свойствами. До температуры + 1100°C в атмосферных условиях работоспособны медьсодержащие пасты. Никелевые противозадирные пасты работоспособны до температуры +1400°C.

Вышеперечисленная информация, именно в данном формате, предоставлена от ООО Фирма "Автокомплект" г.Челябинск в моём лице и считается интеллектуальной собственностью. Использование данной информации возможно только со ссылкой на сайт компании по адресу: [www.autokomplekt.com](http://www.autokomplekt.com)

Вы можете найти общую информацию по тестированию и испытаниям без оценочных данных в печатных и/или электронных изданиях посвящённых данной теме.

С уважением,

ООО Фирма «Автокомплект»

Технический директор

Тел. 8 (351) 741-64-31, 271-89-30

Тел/факс 8 (351) 741-26-48

Моб. тел. +7-922-234-31-28

E-mail: [pavel@autokomplekt.com](mailto:pavel@autokomplekt.com)

Павел Первушкин