

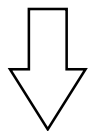
# ***Лекция «Пластичные смазки»***



# Сравнение смазок и масел

## Масло

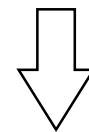
- Жидкость
- Циркуляция
  - перенос тепла (охлаждение)
  - вынос продуктов износа (очистка)
- Классификация



**Классы вязкости (ISO,SAE)**

## Смазка

- Полужидкая /полутвердая
- Неподвижна
  - уплотнение
  - не охлаждает /не очищает
- Классификация

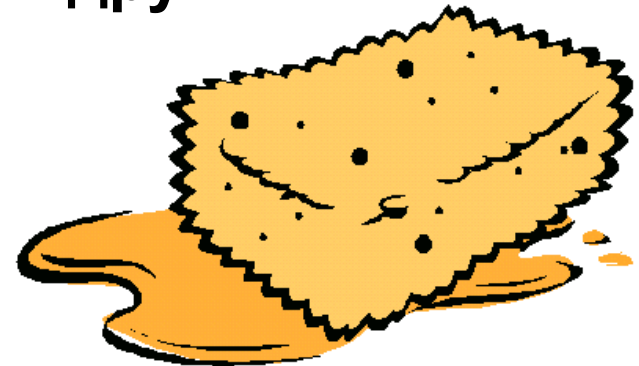


**Консистенция (NLGI)**

# Механическая модель смазки

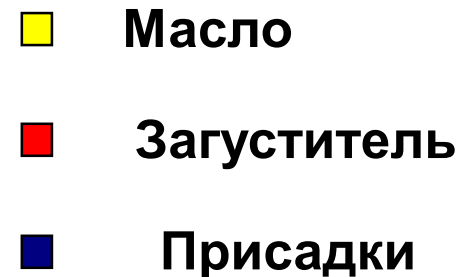
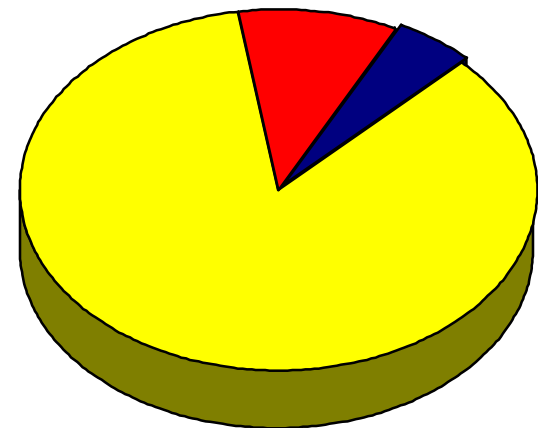
Представим, что консистентная смазка - это губка

- 3-х мерная сетка пор загустителя.
- Частицы загустителя слипаются друг с другом вследствие химических/физических сил притяжения
- Поры заполняются маслом
- Масло выделяется из загустителя вследствие нагрева, движения, механических и других воздействий



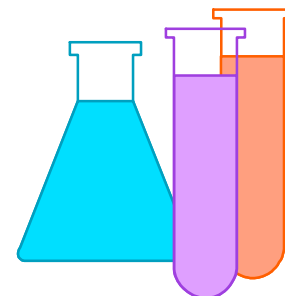
# Что такое смазка ?

- Продукт (от твердого до полужидкого), состоящий из масла и загустителя
- Обычно содержит присадки, улучшающие свойства
- Типичный состав смазки
  - масло 80-87%
  - загуститель 8-15%
  - присадки 5%



# Состав смазки

- **Базовое масло:** оказывает смазывающее действие
- **Загуститель:** с помощью поверхностно-активных и иных компонентов придает консистенцию и формирует структуру
- **Присадки:** улучшают рабочие характеристики смазочного материала с помощью растворимых в масле компонентов и предназначены для борьбы с задирами, износом, коррозией, окислением, адгезией.



# Базовые масла в смазках

## Различные типы используемых масел

- Минеральные масла
- Эфиры
- Полиальфаолефины (ПАО)
- Полигликоли
- Кремнийорганические жидкости

## Требуемая вязкость масла при 40°C:

- 30 . . . . 50            мм<sup>2</sup>/с            для больших скоростей
- ~ 100                    мм<sup>2</sup>/с            для обычного применения
- 200 . . . . 1500        мм<sup>2</sup>/с            для больших нагрузок

# Преимущества ПАО базовых масел

- Рабочий температурный диапазон шире на 10-20°C
- Меньше снижается вязкость при нагревании
- Больше толщина защитной пленки
- Снижается испарение при высоких температурах

# Преимущества ПАО базовых масел

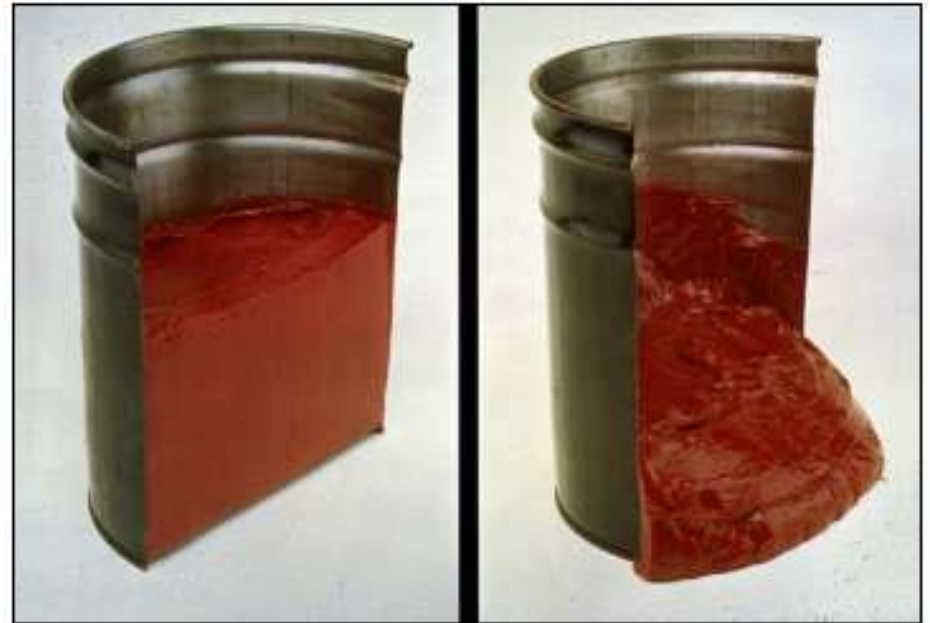
- Полиальфаолефины используются в качестве базовых масел в консистентных смазках
- Вследствие превосходных рабочих характеристик ПАО базовых масел заказчики могут снизить эксплуатационные расходы своих предприятий, поскольку по сравнению с консистентными смазками на основе минеральных масел обеспечивается увеличенный срок службы и лучшая защита оборудования



# Загустители

Консистенция смазки зависит от количества загустителя.

- Базовое масло и присадки практически не влияют на консистенцию.
- Количество загустителя в 1 случае больше по сравнению со 2 случаем (смазка менее густая).

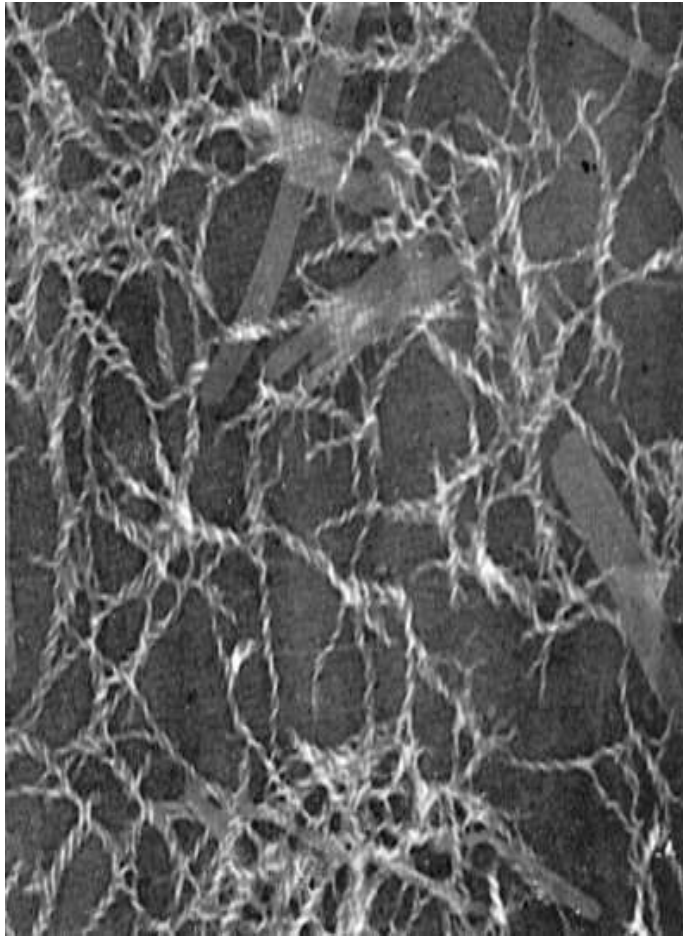


# Загустители

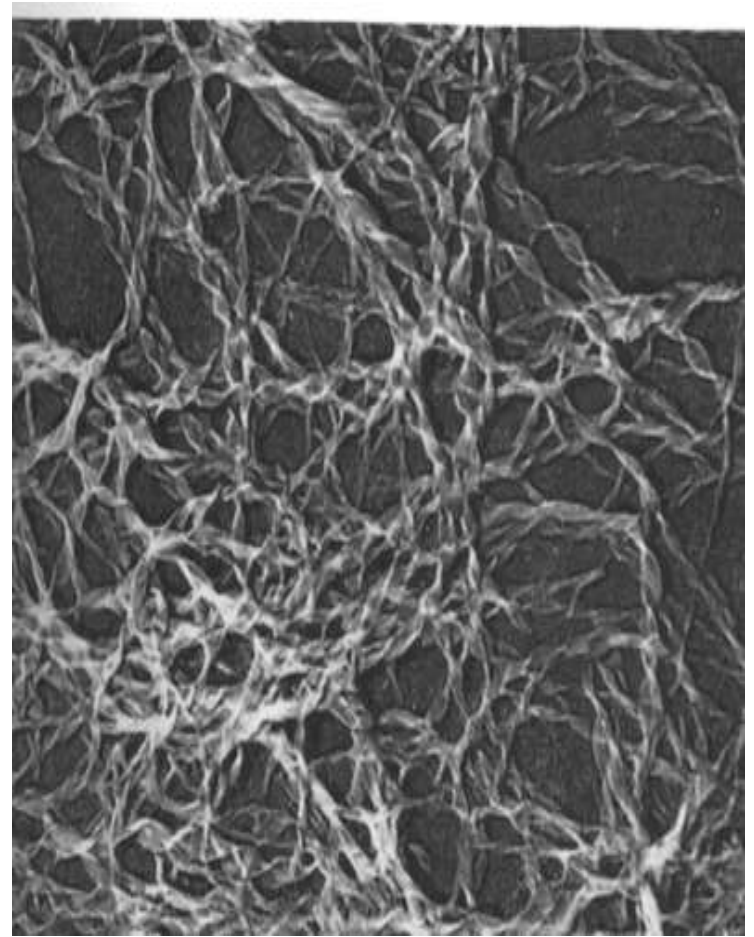
## Мыльные загустители

- **Литиевые, натриевые итд**
  - **Жирная кислота + гидроксид металла**
  - **Многоцелевая смазка с хорошей механической стабильностью**
- **Комплексное мыло**
  - **Смесь жирных кислот+ гидроксид металла**
    - **Многоцелевая высокотемпературная смазка с хорошей механической стабильностью**

# Загустители



**Са-мыло**



**Li-мыло**

# Загустители

## Другие загустители

- **Полимочевина - реакция аминов и соединений изоциановой кислоты**
- **Глина – минеральный загуститель**

# Присадки в смазках

- Антиоксиданты
- Противоизносные/Противозадирные
- Адгезионные
- Ингибиторы коррозии
- Твердые вещества (графит, дисульфид молибдена ...)

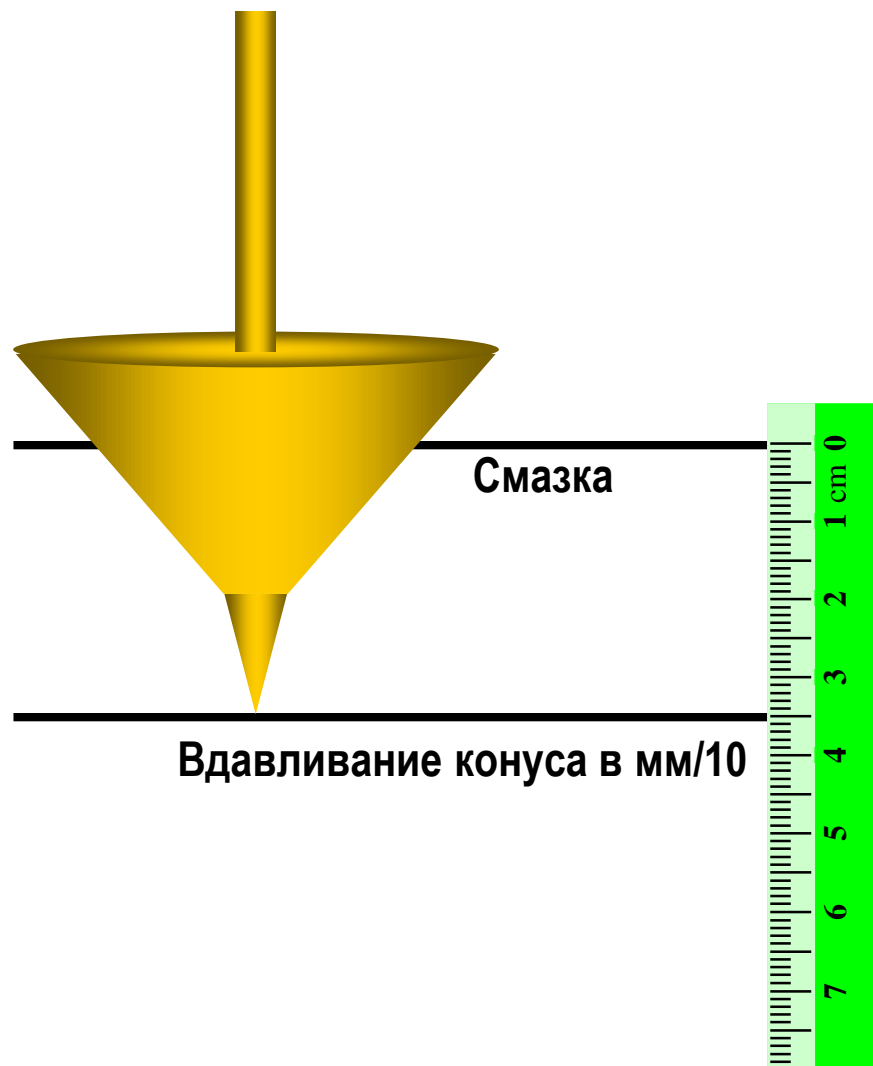
*Совместимость с загустителем крайне важна*

# Тип присадок и их функции

Тип присадки	Назначение	Функции
Противоизносное и противозадирное действие	Снижение трения и износа Предотвращение задиров и заклинивания	Химическая реакция с поверхностью металла с образованием пленки, что предотвращает образование контакта металл-металл
Ингибитор коррозии и ржавления	Предотвращение коррозии и ржавления металлических деталей, соприкасающихся с консистентной смазкой	Предпочтительная адсорбция полярного компонента на поверхности металла с образованием защитной пленки, нейтрализующей вызывающие коррозию кислоты
Модификатор вязкости	Повышение вязкости базового масла	Маслорастворимые полимеры повышают вязкость базового масла
Антиоксидант	Замедление окислительного разложения	Разложение пероксидов и обрыв свободнорадикальных реакций
Деактиватор металла	Уменьшение каталитического влияния металла на скорость окисления	Создание на поверхностях металлов неактивной пленки путем образования комплексов с ионами металлов

# Пенетрация

- Пенетрация пластичной смазки оценивается по стандартной методике



# Смазки. Консистенция

## NLGI (ASTM D217/IP 50)

### ПЕНЕТРАЦИЯ    КЛАСС ПО NLGI    КОНСИСТЕНЦИЯ

445 - 475	000	полужидкая	} Редукторные пластичные смазки
400 - 430	00	полужидкая	
355 - 385	0	мягкая	} Смазки для подшипников.
310 - 340	1	мягкая	
265 - 295	2	средняя	
220 - 250	3	полутвердая	
175 - 205	4	полутвердая	
130 - 160	5	твердая	
85 - 115	6	твердая	



# Классификация смазок по ISO 6743/9

**ISO -L-X DFHB 2**  
1      2 3 4 5 6

1. Определение стандарта (ISO), тип загустителя (L-Li), X – группа смазочных материалов (пластичные смазки)
2. Нижний предел рабочей температуры, °C  
A = 0; B = - 10; C = - 30; D = - 40; E = < - 40
3. Верхний предел рабочей температуры, °C  
A = 60      C = 120      E = 160      G = > 180  
B = 90      D = 140      F = 180

# Классификация смазок по ISO 6743/9

## **ISO -L-X DFHB 2**

1      2 3 4 5 6

### 4. Устойчивость к воде и защита от коррозии

<b>A</b>	<b>для сухих помещений</b>	<b>не защищает</b>
<b>B</b>	<b>для сухих помещений</b>	<b>защищ.от.дистил.воды</b>
<b>C</b>	<b>для сухих помещений</b>	<b>защищ.от.соленой воды</b>
<b>D</b>	<b>воздейств.статич.влаги</b>	<b>не защищает</b>
<b>E</b>	<b>воздейств.статич.влаги</b>	<b>защищ.от.дистил.воды</b>
<b>F</b>	<b>воздейств.статич.влаги</b>	<b>защищ.от.соленой воды</b>
<b>G</b>	<b>воздействие струи</b>	<b>не защищает</b>
<b>H</b>	<b>воздействие струи</b>	<b>защищ.от.дистил.воды</b>
<b>I</b>	<b>воздействие струи</b>	<b>защищ.от.соленой воды</b>

5. Противозадирные свойства (EP): A - нет, B - есть

6. Класс пенетрации по NLGI

# Классификация смазок по DIN 51502

**K SI 3 R - 30**  
**1 2 3 4 5**

## 1. Применение

<b>K</b>	<b>подшипники качения, скольжения и направляющие</b>
<b>G</b>	<b>для закрытых передач</b>
<b>OG</b>	<b>для открытых передач</b>
<b>M</b>	<b>подшипники скольжения</b>

## 2. Тип базового масла

<b>E</b>	<b>эфирное</b>
<b>HC</b>	<b>гидрокрекинговое</b>
<b>PG</b>	<b>полигликолевое</b>
<b>SI</b>	<b>силиконовое</b>
<b>X</b>	<b>минеральное</b>
<b>F</b>	<b>содержит модификатор трения (графит, MoS<sub>2</sub>)</b>
<b>P</b>	<b>EP присадки</b>

## 3. Класс пенетрации по NLGI

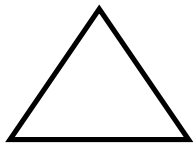
# Классификация смазок по DIN 51502

**K SI 3 R - 30**

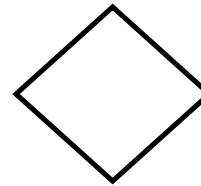
## 4. Верхний предел рабочей температуры, °C

C, D = 60;	K, M = 120;	R = 180;	U > 220;
E, F = 80;	N = 140;	S = 200;	
G, H = 100;	P = 160;	T = 220;	

## 5. Нижний предел рабочей температуры, °C

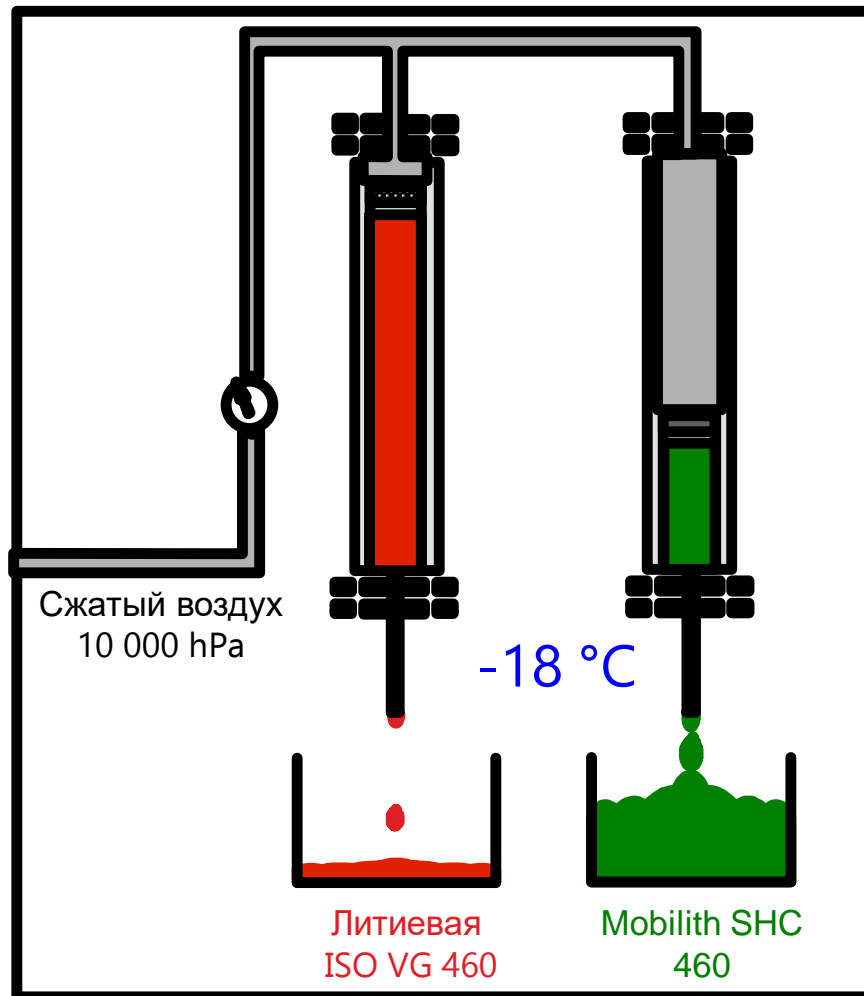


Обозначение минерального масла



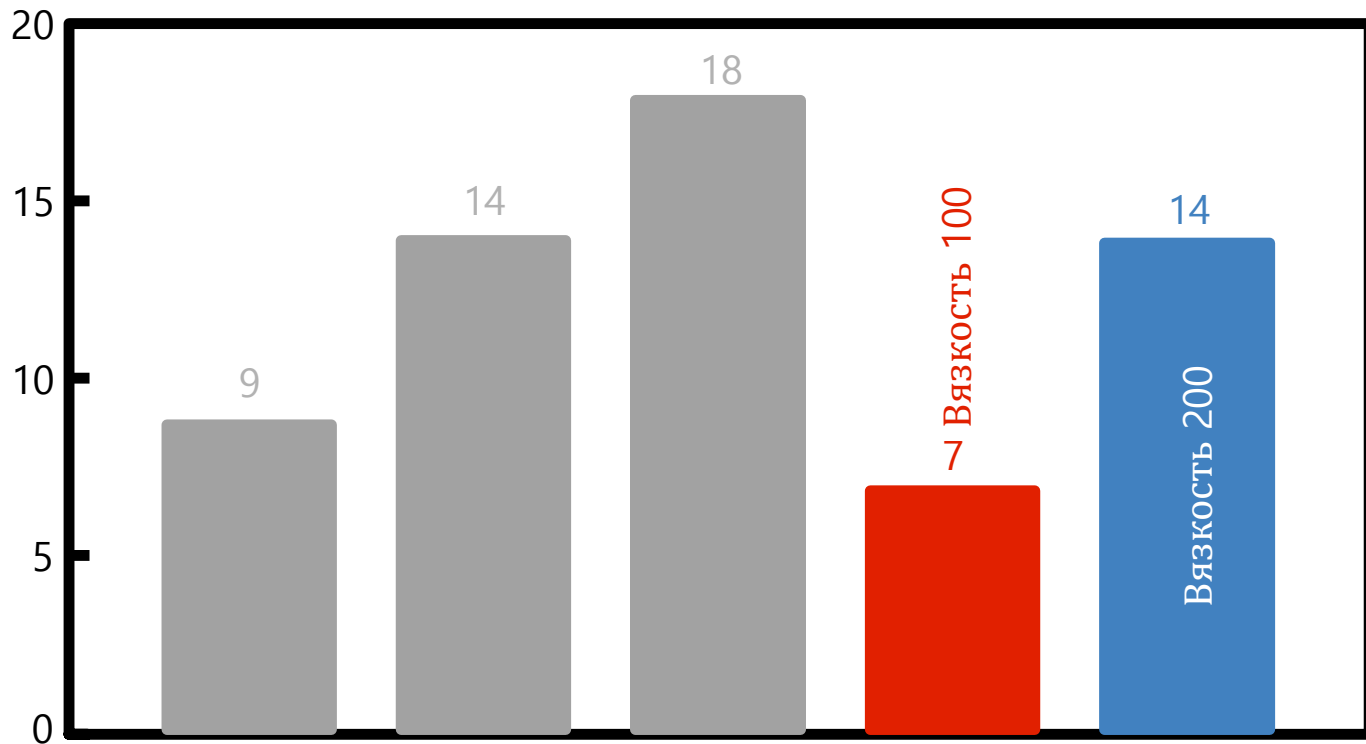
Обозначение синтетич. масла

# Низкотемпературная прокачиваемость



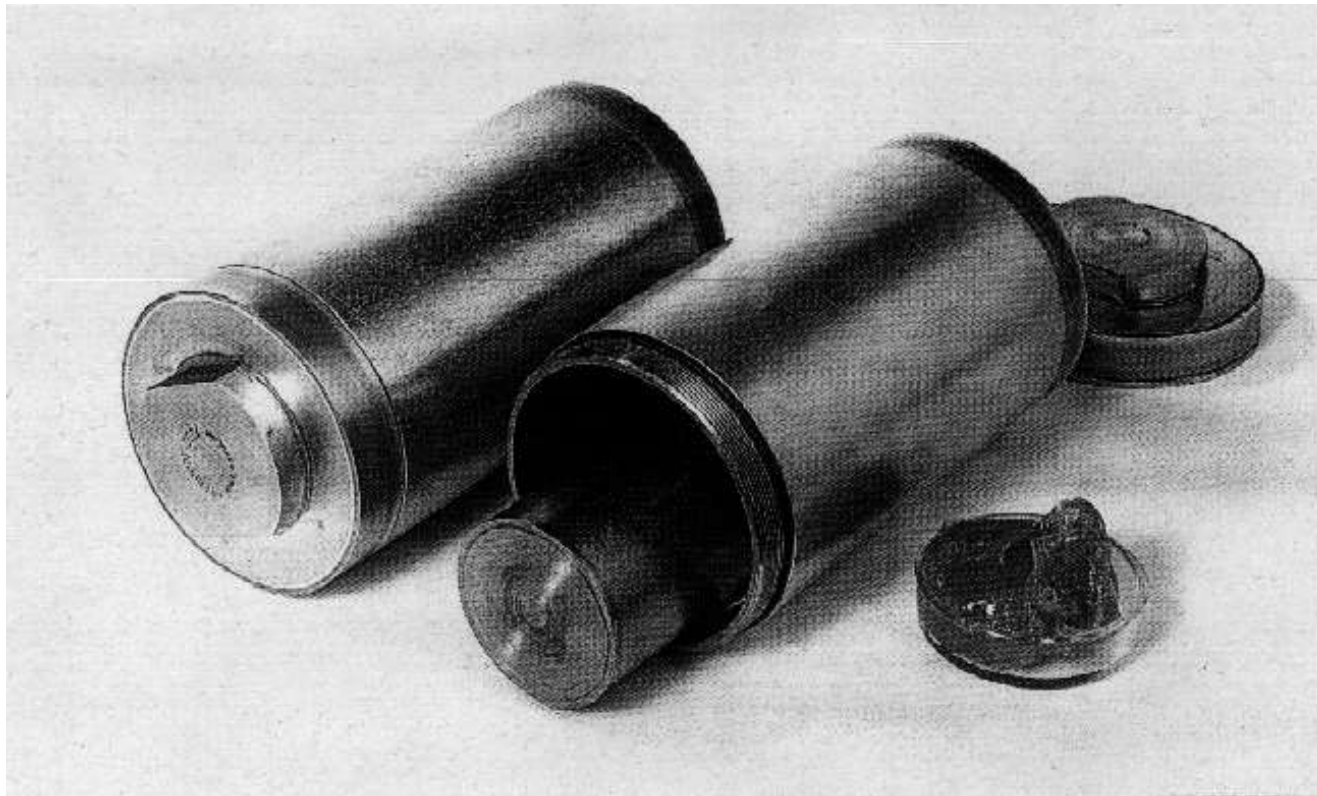
# Низкотемпературный стартовый момент

ASTM D 4693 Момент при - 40 °С, Н.м



# Свойства пластичных смазок

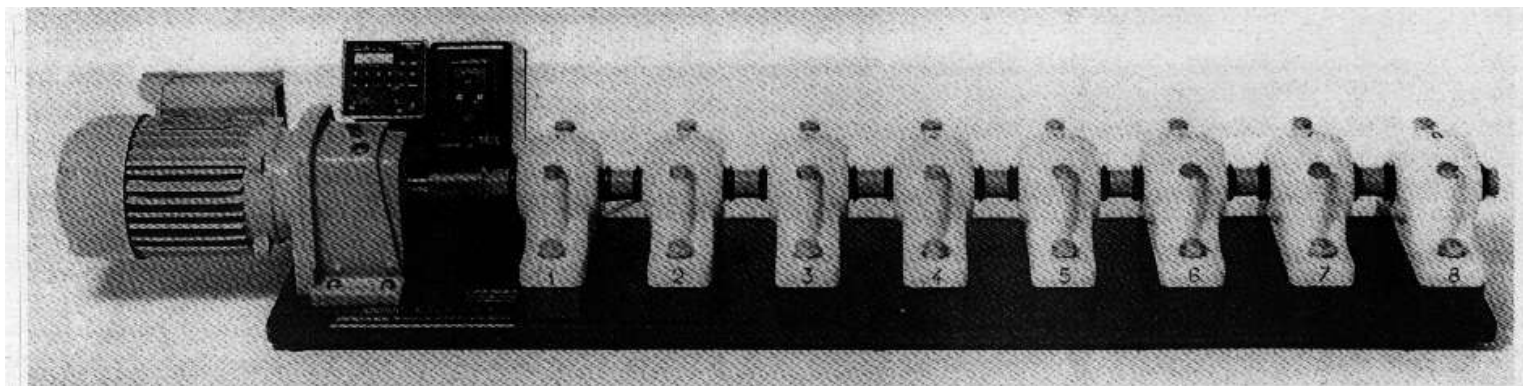
## Механическая стабильность



Смазка помещается в закрытую тубу содержащую свободно перемещающийся цилиндр. При вращении смазка непрерывно нагружается вращающимся цилиндром. Пенетрация оценивается до и после испытания.

# Свойства пластичных смазок

**Emcor**



**Оценка антикоррозионных свойств смазки;  
SKF - Emcor - метод ( DIN 51 802 )**

**Подшипники заполняются пластичной смазкой и помещаются во влажную среду.**

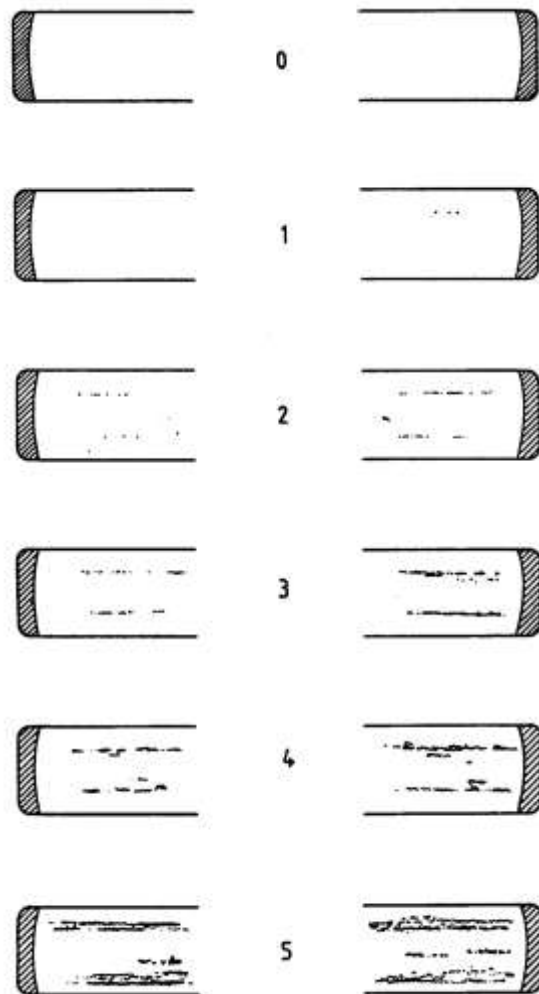
**Подшипники произвольно вращаются с помощью эл. двигателя.**

**После определенного времени, обычно 1 неделя, оценивается коррозия появившаяся на подшипнике.**



# Свойства пластичных смазок

Emcor



Примеры оценки  
антикоррозионных свойств  
смазки по DIN 51 802

# 4x шариковая машина трения

ASTM D2596

## Цель

Оценка максимальной нагрузки, противоизносных свойств, и нагрузки на сваривание с помощью вращающегося стального шара.

## Описание

Стальной шар диаметром 12.7 мм вращается по отношению к 3 неподвижным. Пластичная смазка находится между шарами.

Условия испытания:

Скорость 1770 об.мин

Температура: 25°C

Время: 10 секунд.

Каждое испытание проводится с новыми шарами. Нагрузка увеличивается до тех пор пока шары не “спекутся” между собой. Пятно износа шара используется для подсчета значения характеристики противоизносных свойств.



# Воздействие воды

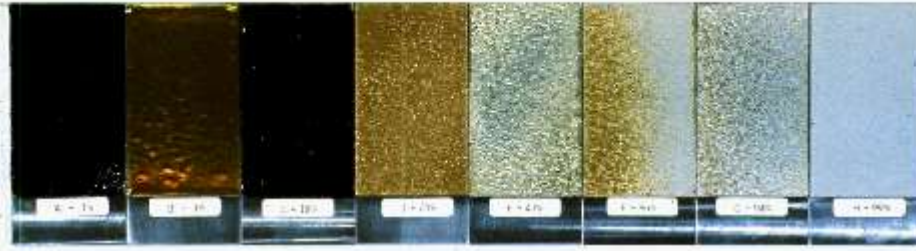
- **Количество загустителя: более высокое содержание загустителя позволяет смазке лучше противостоять влиянию воды. Присутствие воды размягчает смазку.**
- **Вязкость базового масла: чем выше вязкость базового масла тем лучше адгезия смазки, как результат - улучшаются водоотталкивающие свойства пластичной смазки.**
- **Присадки: неправильно подобранная присадка может противодействовать со всеми остальными компонентами смазки, ухудшая и водоотталкивающие свойства.**

# Вымывание (ASTM D 4049)

- Адгезия смазки к пластине зависит от нескольких факторов. При использовании синтетического базового масла, адгезионные свойства смазки увеличиваются так же как и при применение более вязкого базового масла. Выбор таких загустителей как литиевое мыло, литиевый комплекс положительно влияет на адгезионные и водооталкивающие свойства пластичной смазки.

Good adhesion

Poor adhesion

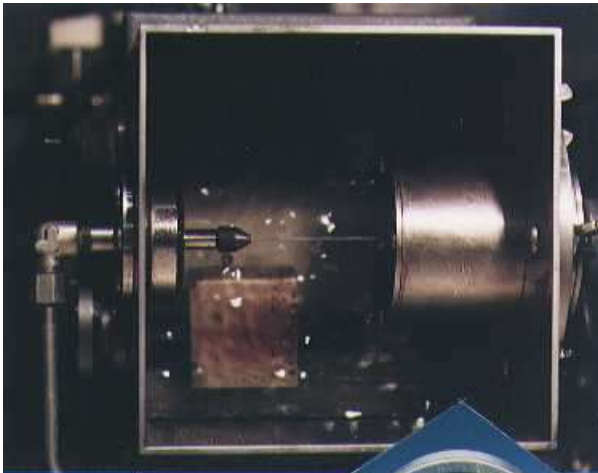


- При попадании струи воды смазка смывается с пластины, в то же время вода перемешивается со смазкой, что может повлиять на адгезионные свойства и приведет к более легкому смыванию образца с пластины.

# Вымывание (ASTM D 1264)

Цель:

- Определить возможность смазки противостоять вымыванию теплой водой под давлением из вращающегося подшипника.
- Описание:
- Шариковый подшипник 204 К со смазкой вращается со скоростью 600 оборотов в мин
- Поток (5мл в сек) теплой воды 38°C или 79°C направляется на подшипник. Испытание проводится в течении 1 часа.
- Для определения количества выброшенной смазки подшипник взвешивается.

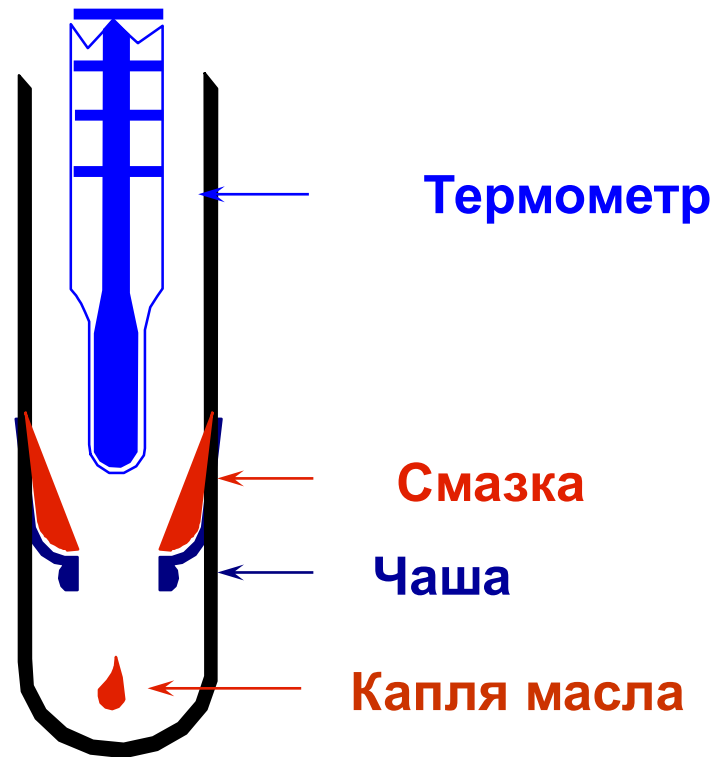


Шариковый подшипник



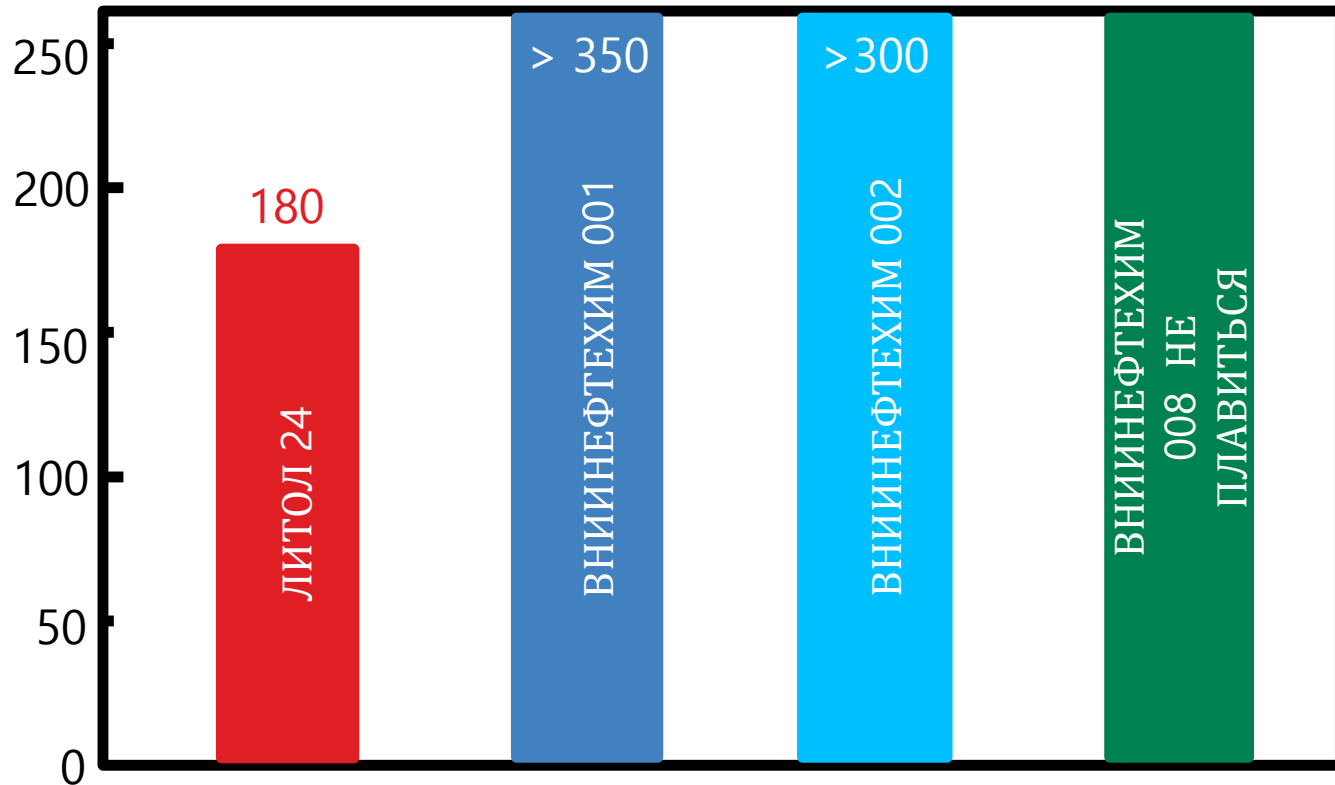
# Температура каплепадения ASTM D 2265

Температура падения первой капли масла



# Температура каплепадения ASTM D 2265

Температура, °C



# Смазки. Выбор.

<b>ЗАГУСТИТЕЛЬ</b>	<b>Температура каплепад. °С</b>	<b>Устойч. к вымыванию водой</b>	<b>Верхняя темп. применения °С</b>
<b>Литиевый</b>	<b>170-200</b>	<b>Хор.</b>	<b>120</b>
<b>Лит. комплекс</b>	<b>&gt;240</b>	<b>Хор.</b>	<b>140</b>
<b>Кальциевый</b>	<b>80-100</b>	<b>Оч. Хор</b>	<b>60</b>
<b>Кальц. комплекс</b>	<b>&gt;240</b>	<b>Хор.</b>	<b>125</b>
<b>Натриевый</b>	<b>150-190</b>	<b>Плох.</b>	<b>100</b>
<b>Гель</b>	<b>&gt;240</b>	<b>Хор</b>	<b>180</b>



# Смазывание подшипников

## Правила

- Подшипники малого диаметра требуют смазку классов 1...2 по NLGI
- Подшипники большего диаметра желательно смазывать более густыми смазками (N3)
- Определяющими являются рабочая температура и конструкция узла

## Важно

- ***Нельзя смешивать смазки с различными загустителями***



# Общие рекомендации: вязкость и применение

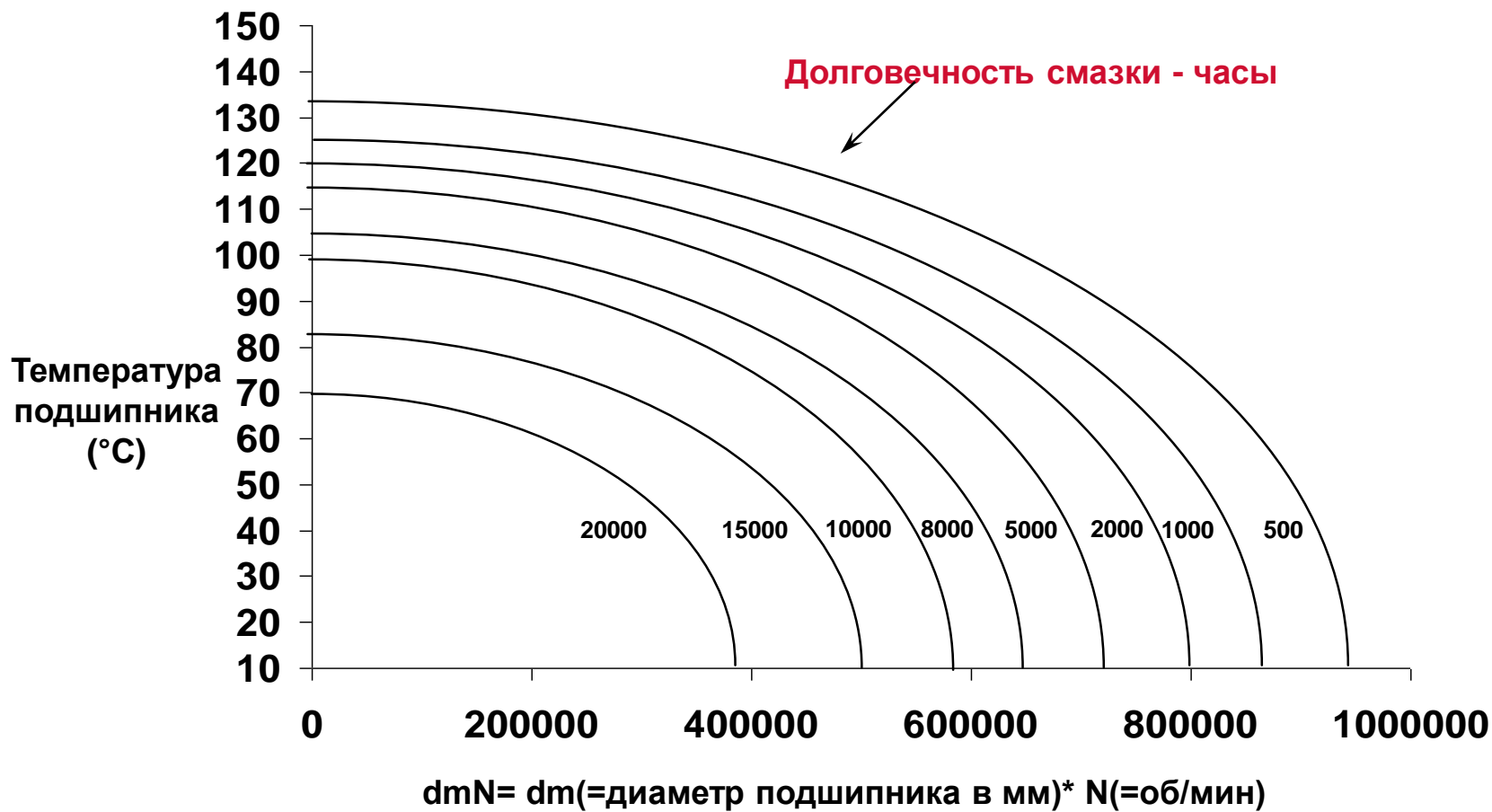
Вязкость	Применение
ISO 100 и ниже	Используется при высокой частоте вращения > 3600 об/мин, низких нагрузках, подходит для использования при низких температурах
ISO 150/220	Средняя частота вращения до 3600 об/мин, хорошо выдерживает нагрузку, типич. масло для универсальной консистентной смазки
ISO 460	Более высокие нагрузки, чем для ISO 150/220, часто обладает повышенной водостойкостью
ISO 1500	Типичная частота вращения < 100 об/мин, превосходно выдерживает нагрузку, хорошая водостойкость

# Интервалы замены смазки

Теоретически интервал замены смазки  
зависит от:

- **Воздействия окружающей среды (температура, загрязнения)**
- **Высоких нагрузок**
- **Конструкции подшипника (получить рекомендации производителя)**

# Интервалы замены смазки



Зависимость долговечности от температуры и оборотов для литиевой смазки

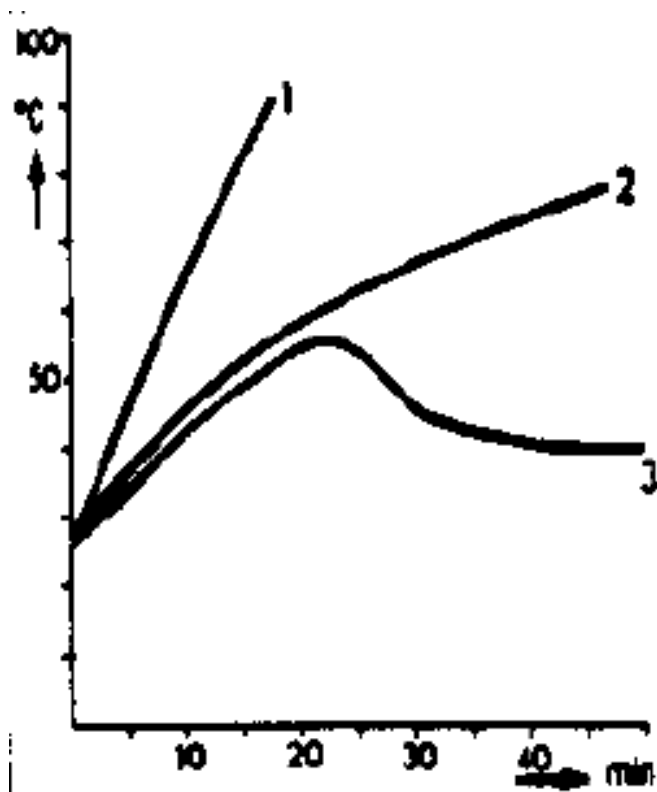
# Смазка подшипников качения

Пластичная смазка:

- Количество согласно применению
- **Больше не значит лучше**
- Автомобильный подшипник - 60% заполнения
- Железнодорожный - 40% заполнения
- Жаркая погода усугубляет проблемы
- Эксплуатация требует поддержания минимального уровня



Заполнение подшипника: от 1/3 до 2/3 от свободного объема, в зависимости от применения.



Возможное увеличение температуры в зависимости от заполнения подшипника:

1. Перезаполнение и неправильно подобранная смазка
2. Перезаполнение или неправильно выбранная пластичная смазка
3. Правильное заполнение подшипника



# Правильный выбор смазки

- **Проблема** - выход из строя подшипника из-за неправильно выбранной смазки
- **Причина** - Сезонные перепады температур, нехватка времени для перехода с зимней смазки на летнюю
- **Решение** - Синтетическая смазка для круглогодичного использования



Окружающая температура до  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$