



**ВЫ НЕ ПРОСТО ПОКУПАЕТЕ
СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

**Вы покупаете
НАДЕЖНОСТЬ!**

Фамилия:

Должность:

Дата:

**Оптимальные
Межсервисные
Интервалы**

- **Управление
Эксплуатационными
Расходами**
- **Исключительная
Производительность**
- **Минимальные
Простои**
- **Максимальная
Выгода**

Основы Программы RbL™

Основы Смазки – Часть 1

Выбор продукта: Рекомендованные продукты должны соответствовать:

- Требованиям OEM Производителей
- Фактическим Условиям Эксплуатации
- Целям Сервисного Обслуживания
- Возможному Сокращению Количества Наименований Продукции и Упаковок





Понимание Основ Сервисного Обслуживания Может Помочь Вам Достигнуть Целей по Защите на Продленный Межсервисный Интервал и Увеличению Ресурса Оборудования

- Увеличить Время Безотказной Работы Оборудования
- Сократить Время Простоев
- Сократить Эксплуатационные Расходы
- Сократить потребление смазочных материалов и снизить расходы на новые покупки
- Заботиться об окружающей среде

Основы Сервисного Обслуживания



Обсуждаемые темы:

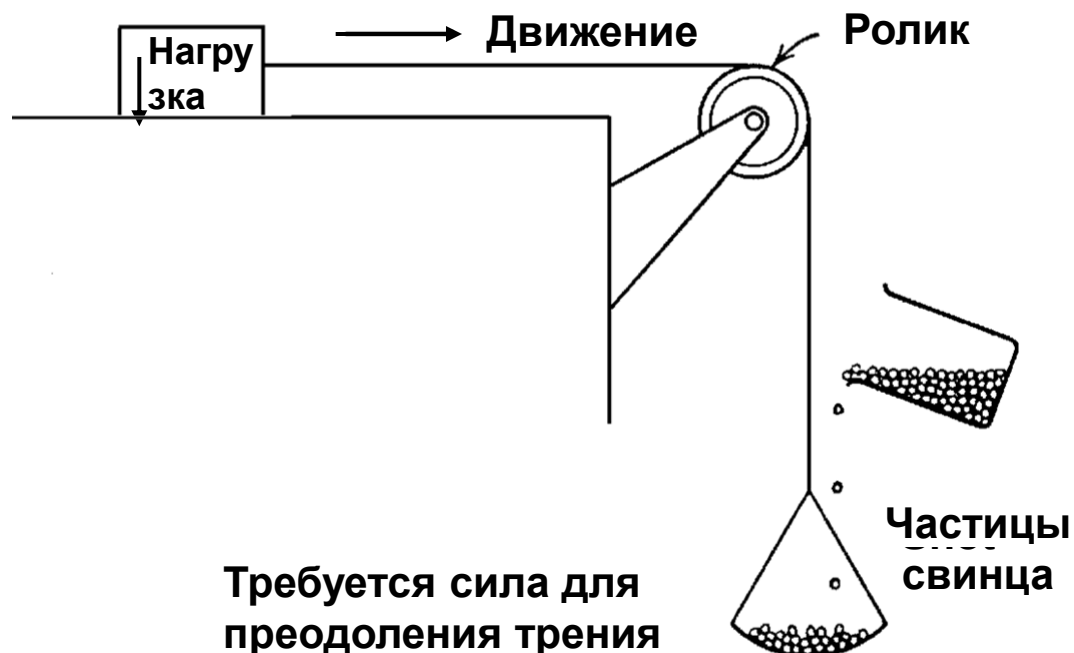
- Трение
 - Взаимосвязь Между Трением и Износом
 - Как Снизить Трение
- Вязкость
 - Взаимосвязь Между Трением и Вязкостью
 - Взаимосвязь Между Вязкостью и Толщиной Масляной Пленки
 - Различные Системы Вязкости
- Режим Работы Смазки
 - Гидродинамическая
 - С Использованием Масляного Клина
 - Смешанная/Граничная

За что отвечают смазочные материалы?

- Снижение трения
- Сокращение износа (отдельных подвижных поверхностей)
- Предотвращение коррозии
- Охлаждение деталей (содействие теплоотдачи)
- Диспергирование продуктов сгорания (например, сажа)
- Уплотнение
- Снижение шума и вибрации

Определение

- Трение оказывает сопротивление усилию всякий раз, когда одна деталь двигает другую

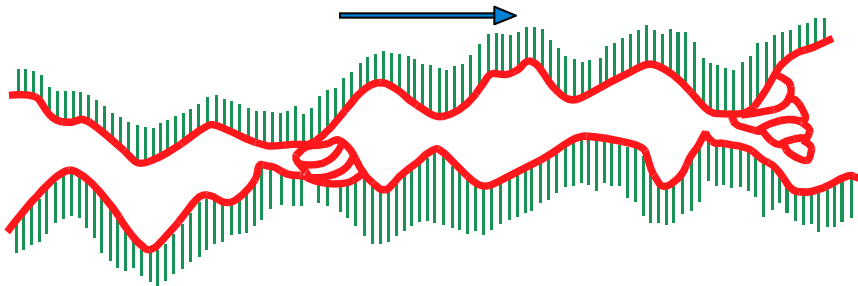


Коэффициент Трения

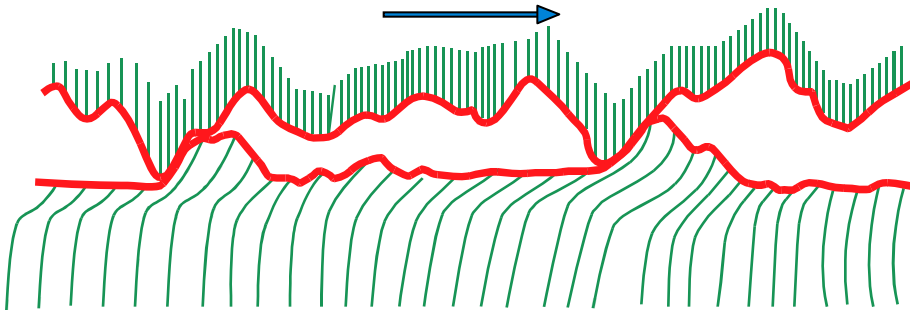
- Сила Трения пропорциональна приложенной нагрузке
- Коэффициент Трения $f = \frac{\text{Сила Трения}}{\text{Нагрузка}}$
- f является полезным для оценки рабочих характеристик смазочного материала
- Потеря энергии пропорциональна трению

Основные Причины Трения

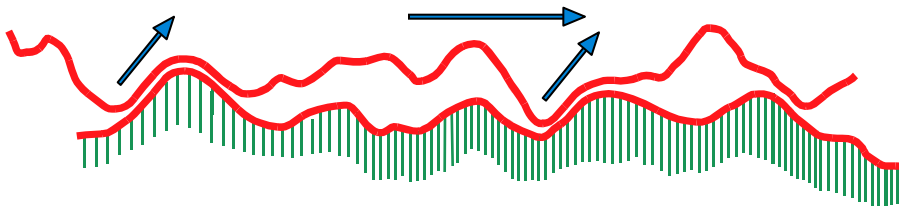
Адгезия (Микро “точечная сварка”)



Абразивная Деформация (“Пахота”)



Неровная Поверхность (С Адгезией → “Скачкообразная”)

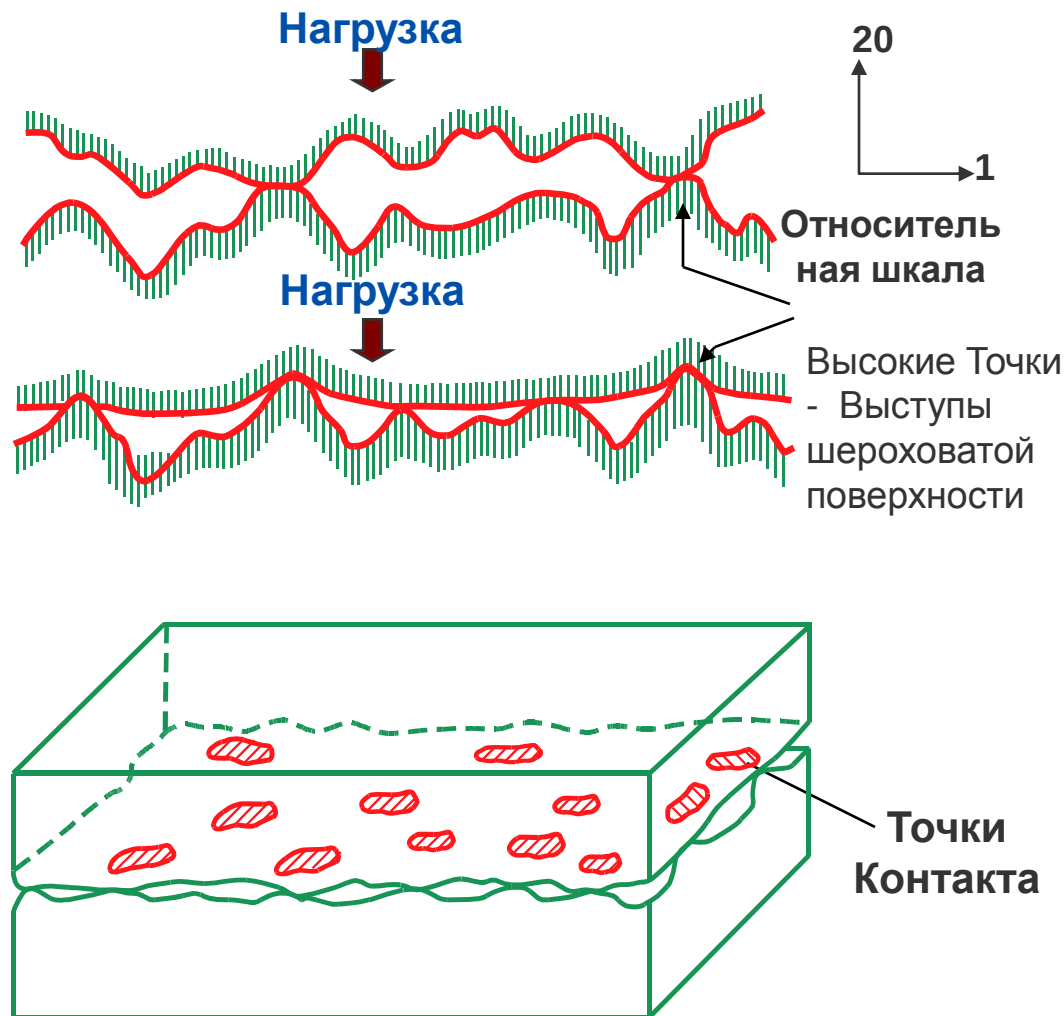


- Движение Поверхностей Требует Достаточную Внешнюю Силу, чтобы Преодолеть Микроскопические Взаимодействующие Поверхности
- Трение Может Привести к Высокому Износу

Причины Трения

Трение происходит за счет взаимодействия поверхностей подвижных деталей

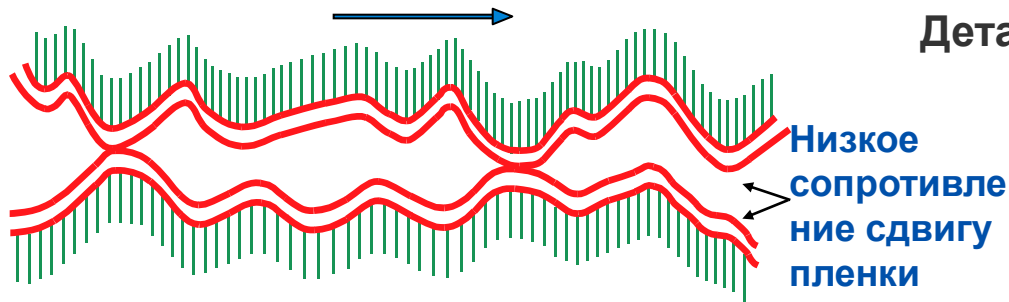
- На Микроскопическом уровне Все поверхности «Грубые»
- Выступы Поверхностей могут образовывать одну за другую или выпирать на граничных деталях



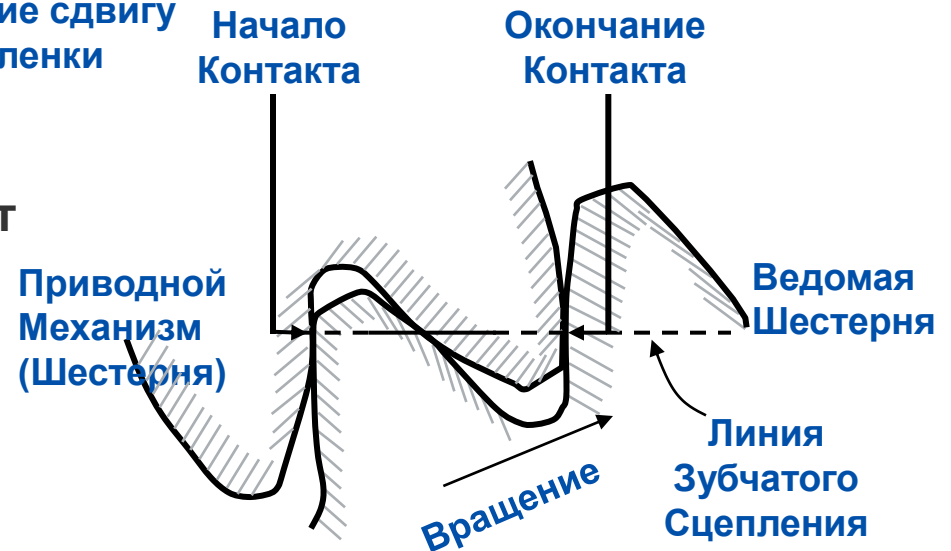
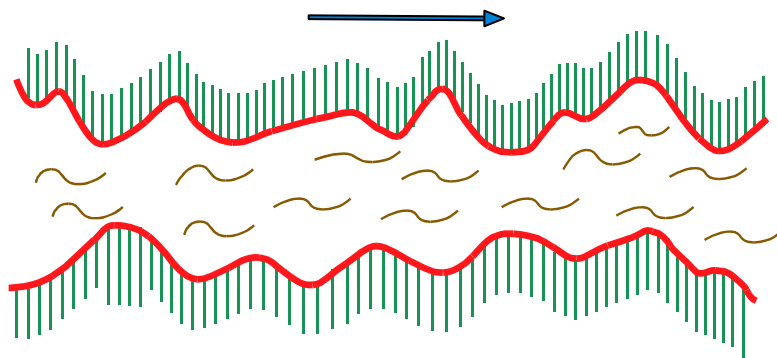
Как Снизить Трение

Сокращение молекулярного притяжения между поверхностями тел

Схема Движения, Перемещение Каждой Детали (Сокращение Скольжения)



Отделение Поверхностей за счет Масляной Пленки



Смазка и Трение

Коэффициент Трения зависит от скорости

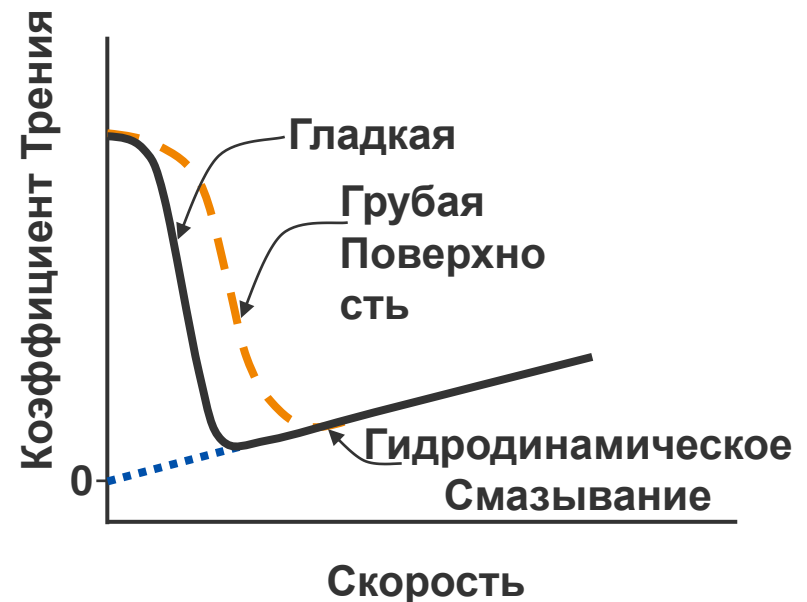
Три Версии Положения Вала в Опорном Подшипнике



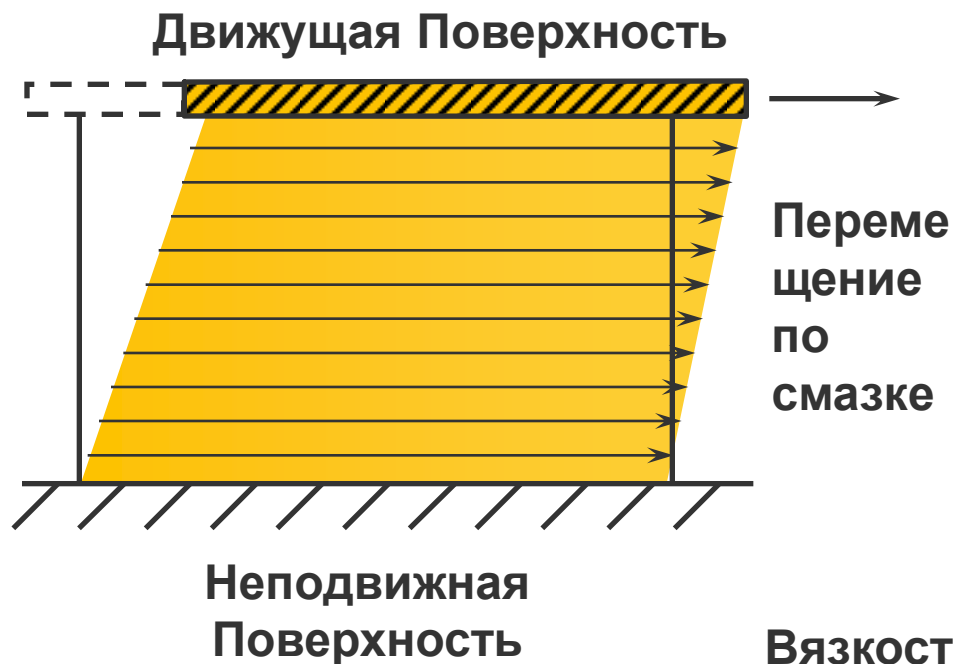
А
При
Останов
ке

В
При Старте

С
Стабильное
Вращение



- Требуемая **сила** для перемещения одной детали относительно другой, когда две поверхности разделены жидкостью - **пропорциональны** к **вязкости** жидкости



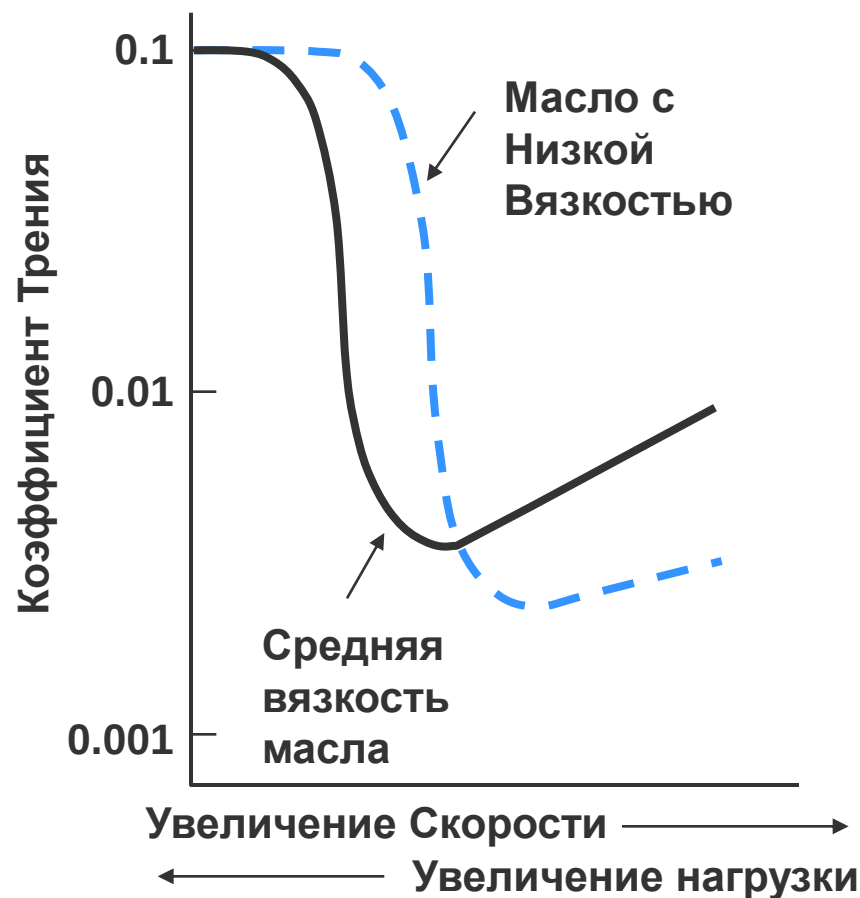
Чем выше вязкость жидкости, тем больше требуется сила (энергия) для перемещения поверхности на заданной скорости и определенном зазоре

$$\text{Вязкость} = \frac{\text{Сила Сдвига (за участок)}}{\text{Уровень Сдвига}}$$

Трение в Сравнении с Вязкостью

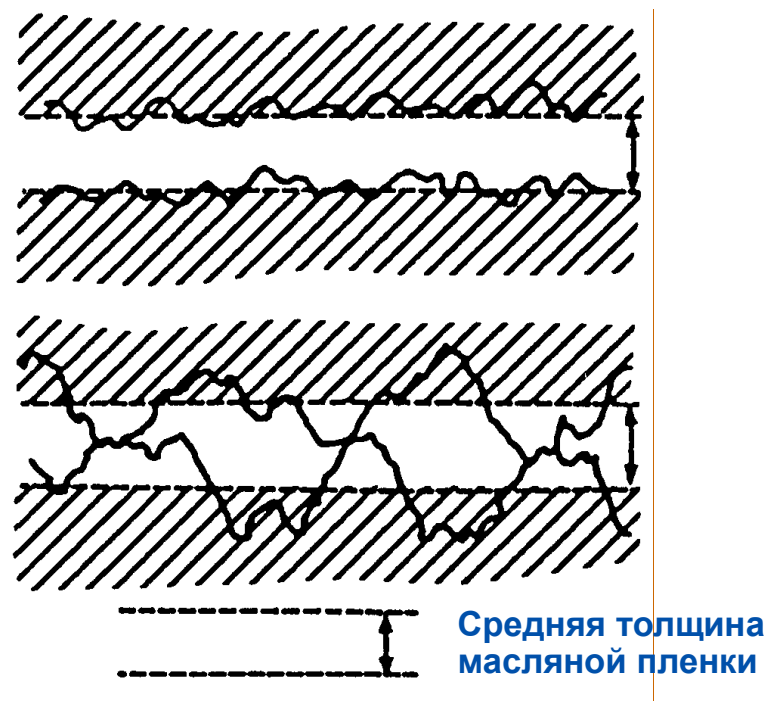


- Низкая Нагрузка/Высокая Скорость
 - Масла с низкой вязкостью минимизируют потерю энергии
- Высокая Нагрузка/Низкая Скорость
 - Разрыв масляной пленки
 - Масла с высокой вязкостью минимизируют разрыв поверхностей



$$\text{Толщина Масляной Пленки} \propto \frac{(\text{Вязкость} \times \text{Скорость})^x}{(\text{Нагрузка})^y}$$

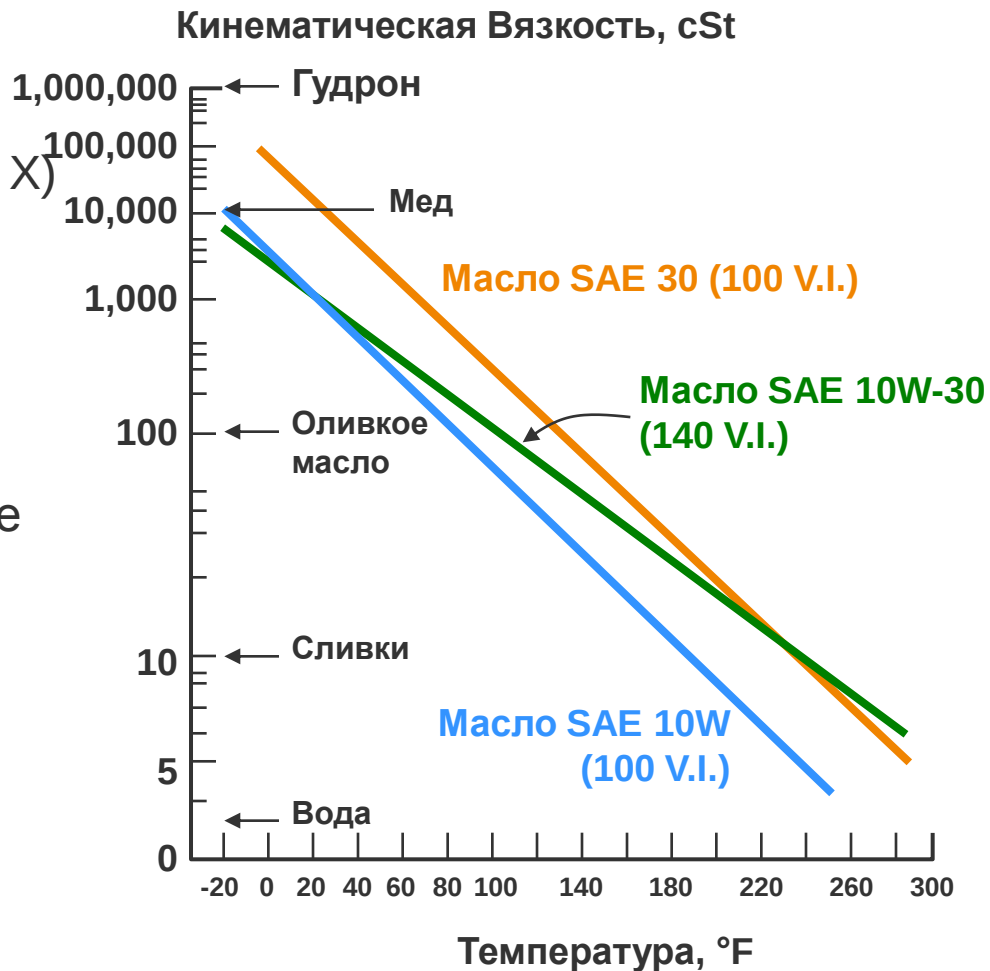
- Толщина пленки должна быть в 3 раза толще, чем шероховатая поверхность для предотвращения контакта металлических поверхностей (граничная смазка)
- Смазочные Материалы с Высокой Вязкостью производят толщину пленки, и разрыв происходит намного медленнее при остановке
- **Проблемы** – вязкость смазочного материала не является постоянной величиной, и зависит от температуры, нагрузки, скорости, и уровня загрязнения



Вязкость и Температура



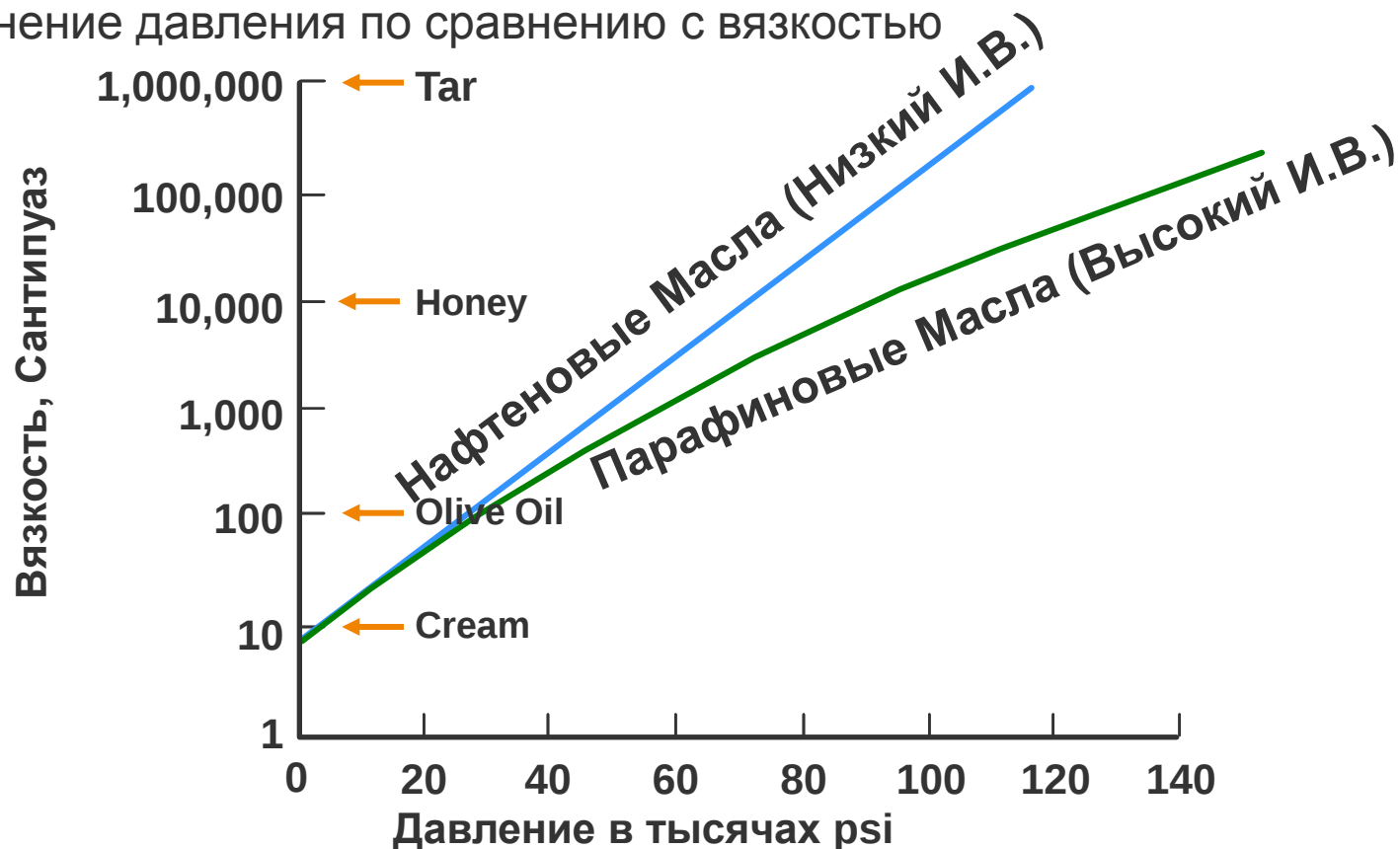
- Вязкость смазочного материала понижается значительно с увеличением температуры (Ось X) [Взаимосвязь]
- Индекс Вязкости (И.В.) – измерение свойств вязкости от температуры
- Всесезонные масла имеют выше Индекс Вязкости, чем моногрейдовые, например, их вязкость изменяется меньше с температурой



Вязкость в Сравнении с Давлением



- Вязкость значительно увеличивается с давлением
- Базовые масла с Высоким И.В. показывают относительно малое изменение давления по сравнению с вязкостью

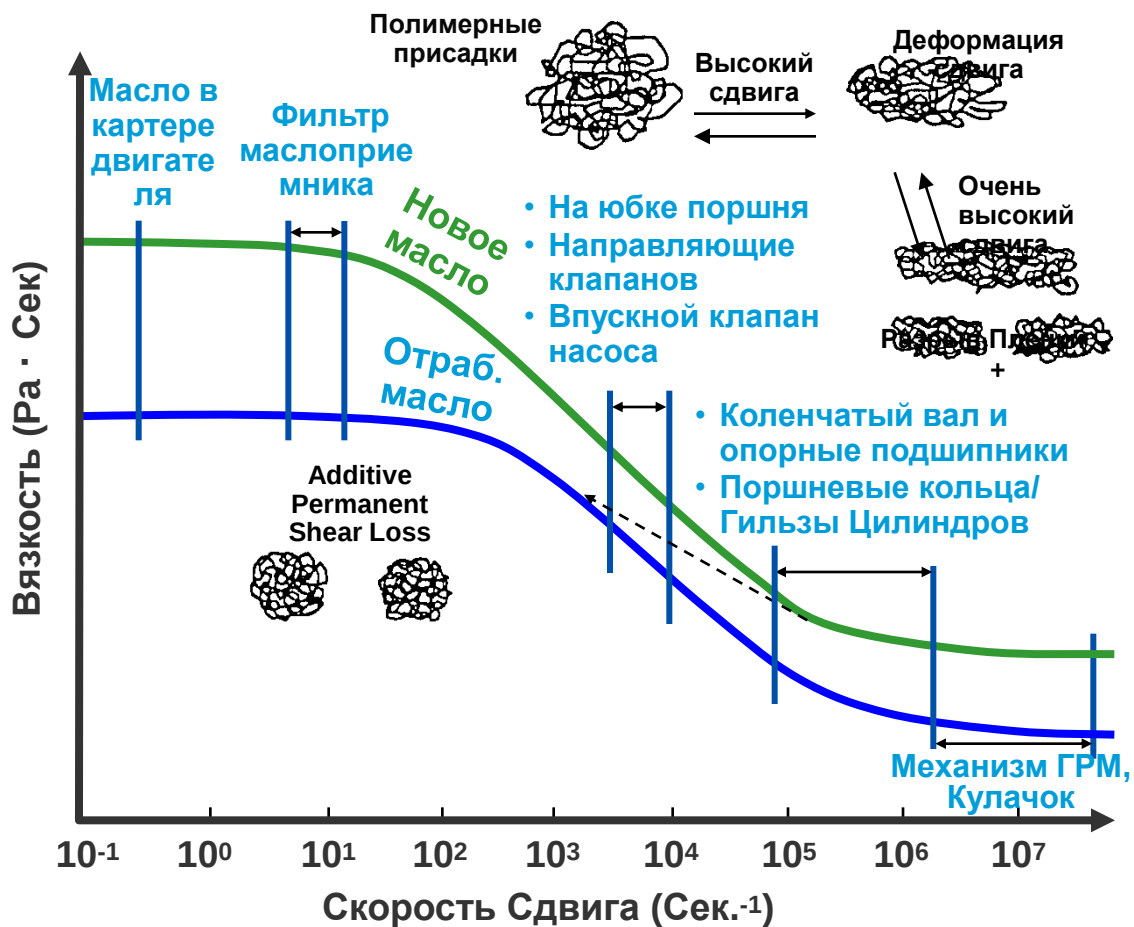


Вязкость и Скорость Сдвига



Скорость Сдвига Масла в Бензиновом Двигателе

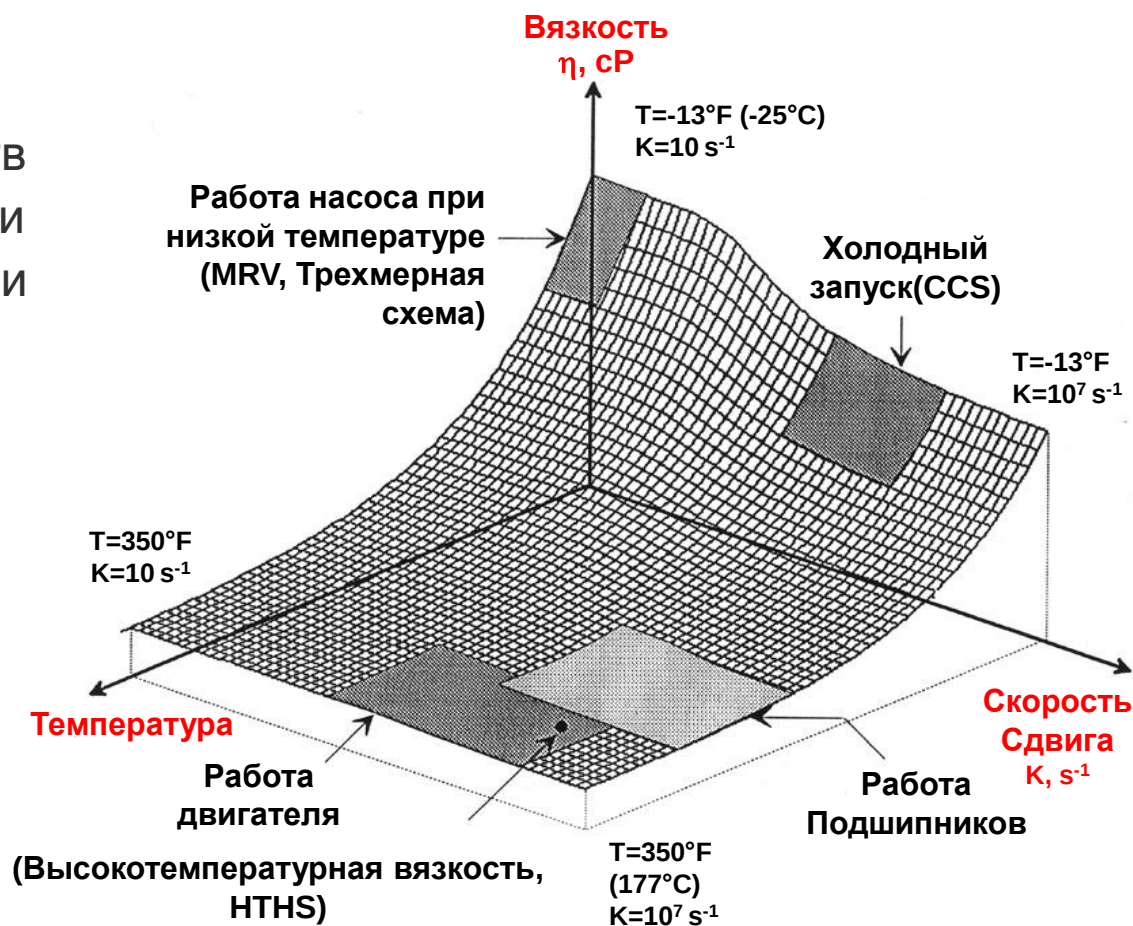
- Режим Высокой Скорости является причиной потерь трения за счет высокой вязкости “сдвиг вниз”
- Всесезонные масла с течением времени могут подвергаться потере сдвига



Температура, Вязкость и Скорость Сдвига



- Визкометричный тест используется для оценки эксплуатационных свойств смазочного материала при различных температурах и режимах скорости сдвига

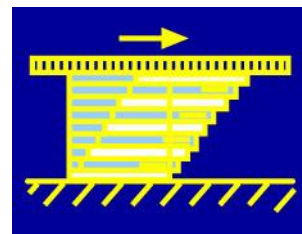


Измерения Вязкости



Абсолютная Вязкость [Сантипауз, cP]

- Как правило, измеряется в ротационном вискозиметре
- Можно быстро получить данные при экстремальных температурах
- Используется в случае критичного контроля скорости сдвига [Вискозиметр Брукфилда, CCS, MRV, HTHS]



Кинематическая Вязкость [Сантистокс, cSt]

- Измеряется в капиллярной трубке вискозиметра
- Относительно дорогое оборудование
- Вязкость жидкости может быть независимой скоростью сдвига
- $\text{Вязкость}[\text{cSt}] = \text{Вязкость}[\text{cP}] \div \text{Плотность}[\text{g/cc}]$

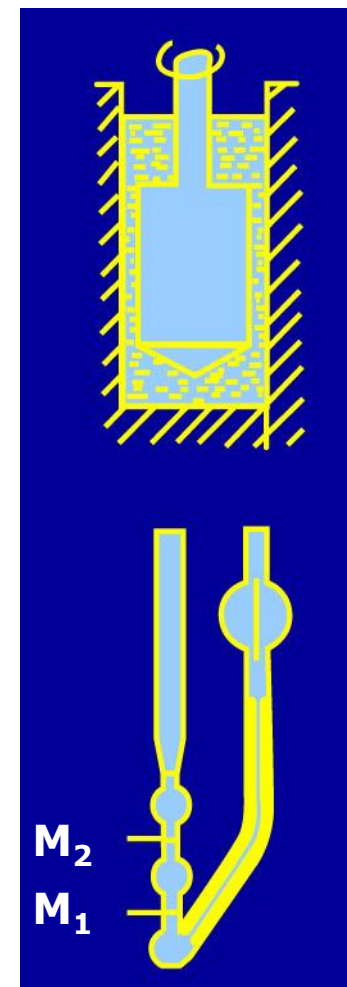
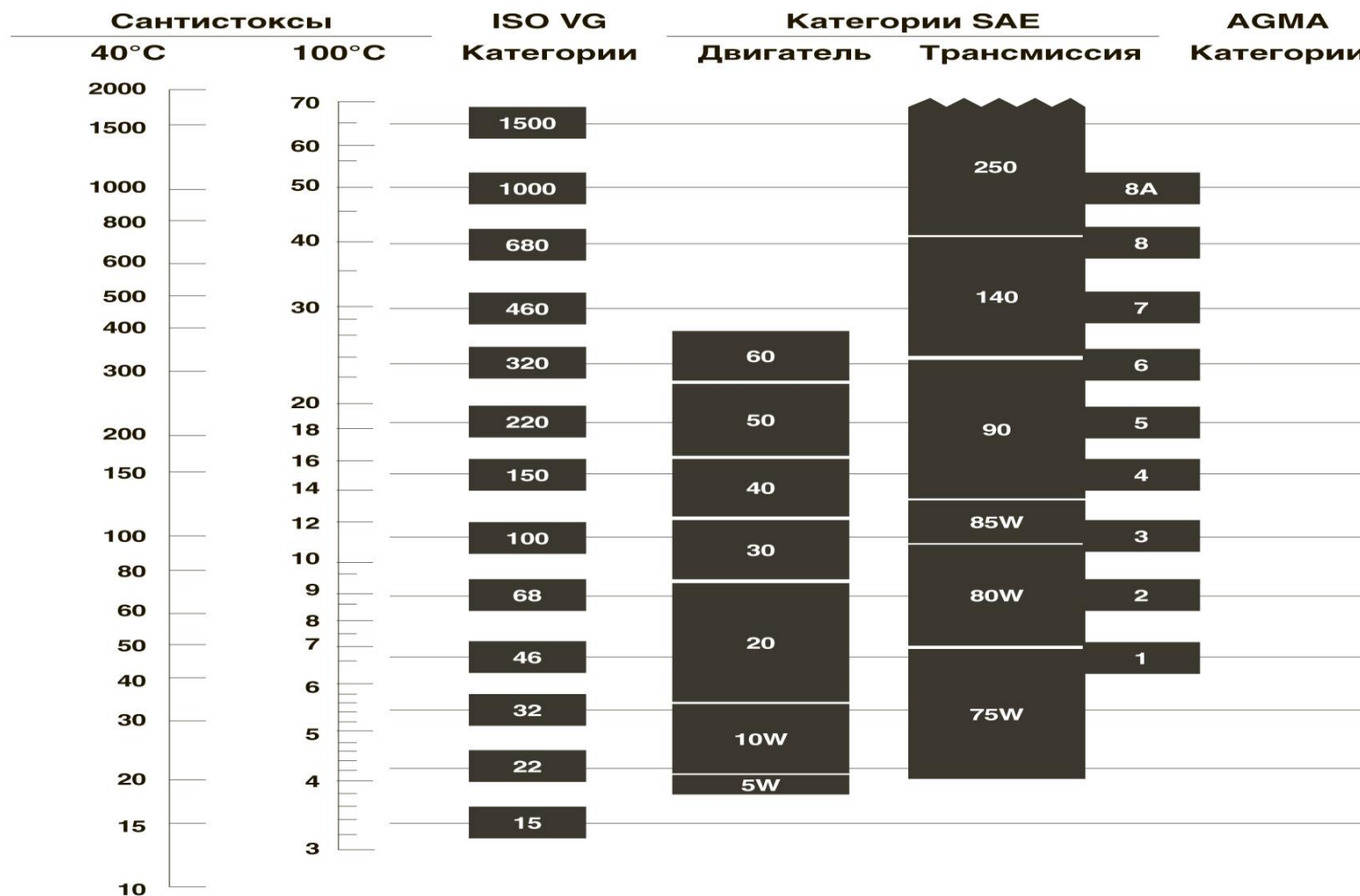


Таблица соответствия вязкостей



Вязкости основаны на единых категориях 95VI. Расположены горизонтально.

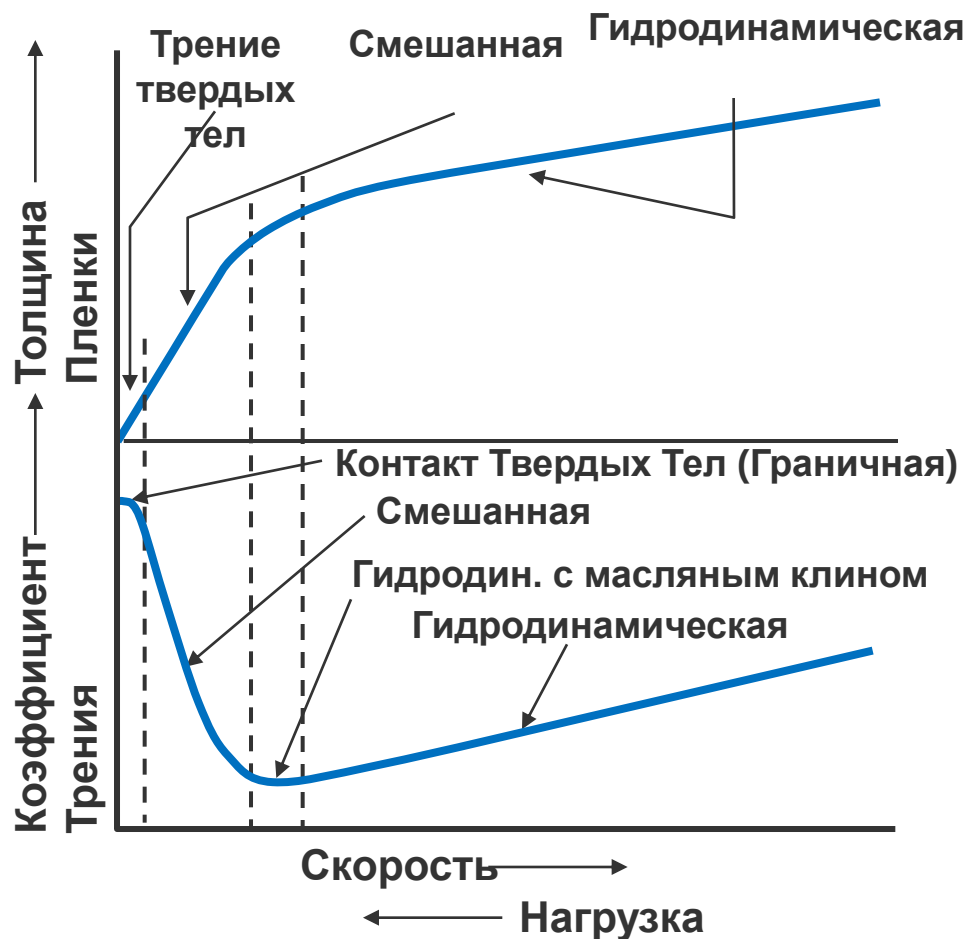
Летние категории SAE указаны при 100°C. Зимние категории SAE «W» также указаны при отрицательной температуре.

Категории ISO и AGMA указаны при 40°C.

Режим Смазки



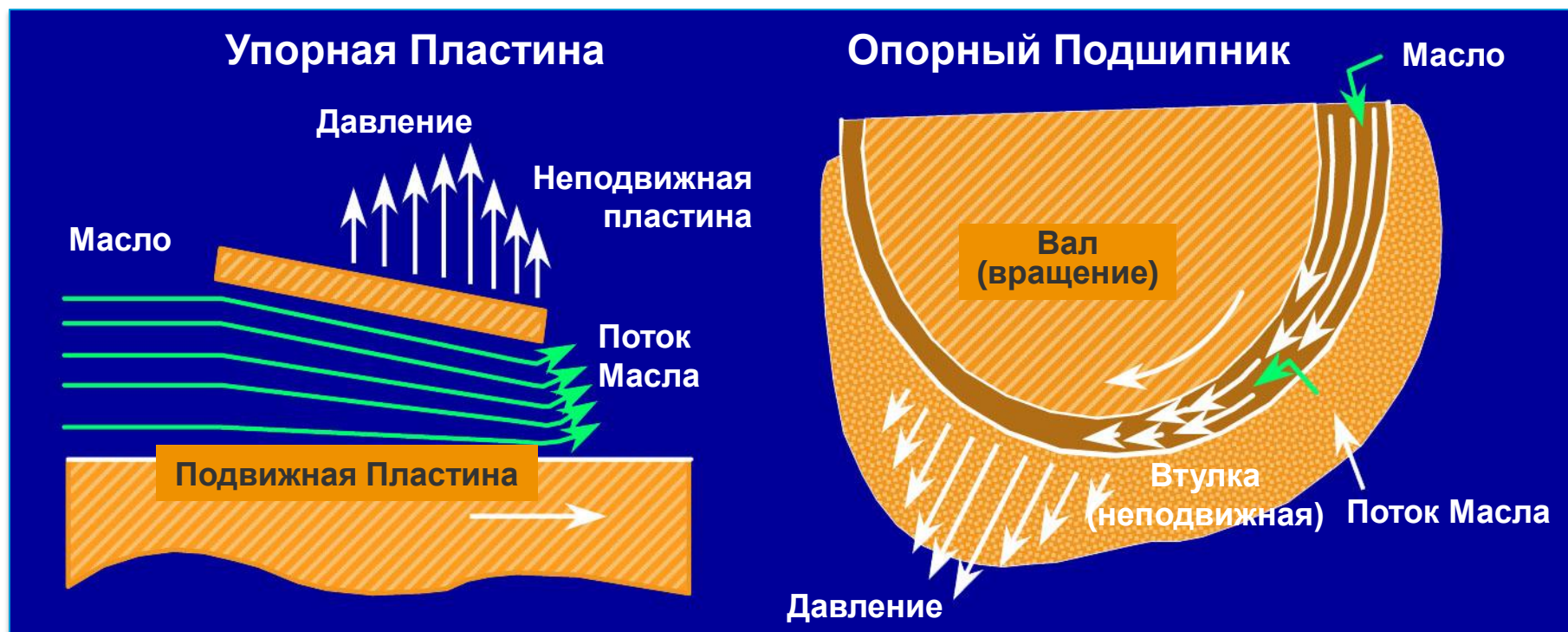
- Минимальная толщина пленки – гидродинамическая смазка (EHD) с масляным клином
- Малый или отсутствие износа в точке EHD, даже если предполагаемая толщина масляной пленки предсказывает условия граничного трения
- Толщина масляной пленки сильно зависит от давления и вязкости смазочного материала



Гидродинамическая Смазка



- Поверхности полностью разделены масляной пленкой
- Вязкость смазочного материала является критичным параметром для контроля потери энергии (трения)
- Пример: Опорный Подшипник, поршневые кольца, турбины, компрессоры



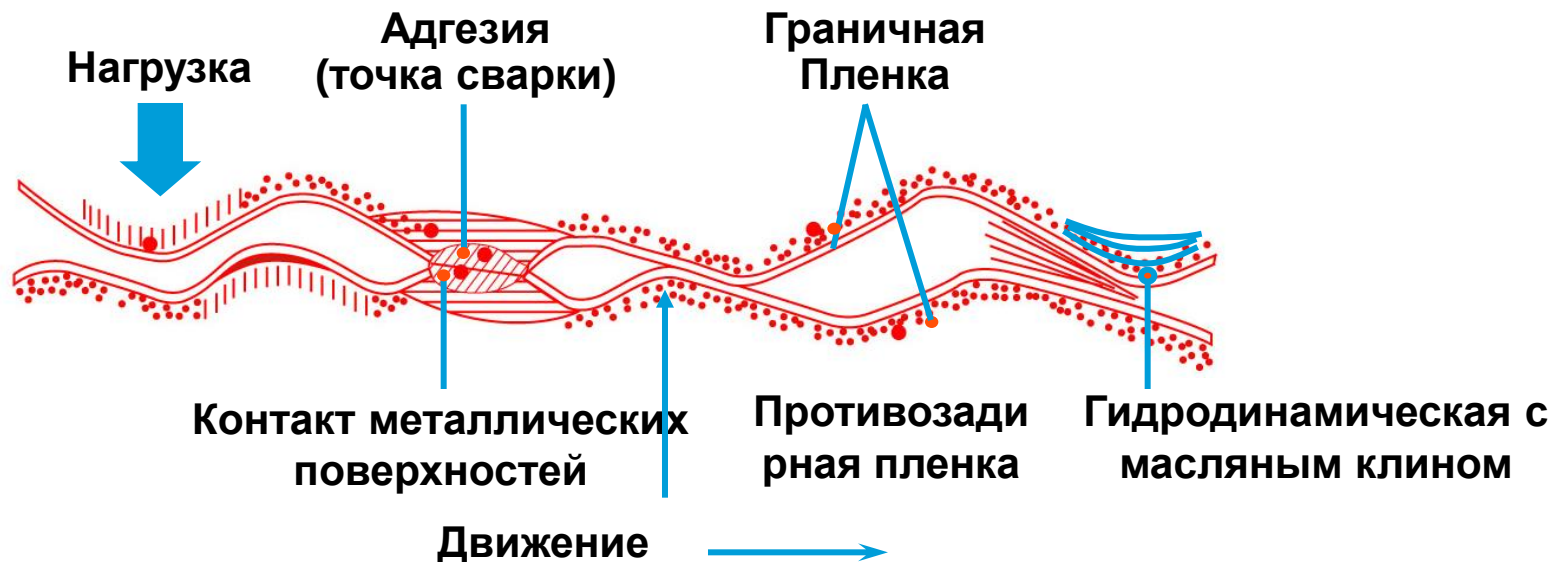
Гидродинамическая с Масляным Клином

- Давление увеличивается в зоне контакта - увеличивает вязкость масла
- Масло в клине становится подобной «твердой частице»
- Металлические поверхности эластично деформируются в контактной зоне
- Трение EHD (сила тяги) от вязкого сдвига поднимает температуру в контактной зоне
- Пример: элементы роликового подшипника, шестерня, распредвал и кулачки, фрикционные передачи



Смешанная/Граничная Смазка

- Возникновение контакта металлических поверхностей приводит к значительным задирам
- Активные присадки помогают предотвратить адгезию металлов рабочих поверхностей
- Модификаторы трения/ противоизносные присадки/ противозадирные присадки – все названия присадок, которые защищают металлические поверхности и начинают взаимодействовать при увеличении нагрузки
- Примеры: поршневые кольца (при контакте с поверхностью цилиндров), тяжело-нагруженные передачи (особенно гипоидные), лопастные насосы, подшипники при старте работы, клапанный механизм



Выводы

- Смазочные материалы нужны для выполнения различных функций, особенно:
 - Снижения трения
 - Предотвращения износа
- Выбор правильного смазочного материала требует понимание применений: условий эксплуатации и рекомендаций OEM производителей
 - Рабочие температуры
 - Скорость скольжения
 - Рабочая Нагрузка
- При гидродинамической смазке, в т.ч. с масляным клином, ключевым фактором является контроль вязкости для сокращения износа (отдельных поверхностей) и для предотвращения потери энергии (трение)
- При высоких нагрузках (смешанная/граничная смазка), ключевым фактором является тип и формула противоизносной присадки