

© Кафедра химии и технологии смазочных материалов и химмотологии

ПРОИЗВОДСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ И СПЕЦИАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ МАСЛЯНОГО ПРОИЗВОДСТВА

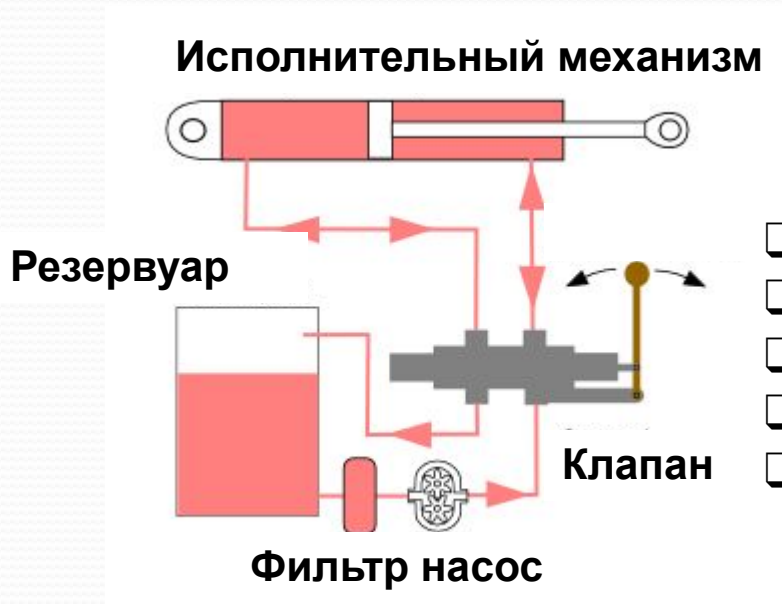
доцент Дорогочинская Виктория Акивовна

Москва, 2015

Гидравлические масла. Определение и назначение

Гидравлические масла – рабочие жидкости всех объемных гидроприводов и гидродинамических передач, гидромеханизмов и гидросистем, предназначенных для передачи механической энергии от ее источника к удаленному механизму (иногда на десятки метров) и трансформации энергии в полезную работу.

- ☐ масла для стационарных гидравлических систем
- ☐ гидравлические масла для мобильной техники
- ☐ авиационные и космические гидравлические масла



Компоненты гидравлических систем:

- ☐ насосы
- ☐ гидравлические цилиндры
- ☐ клапаны
- ☐ уплотнения
- ☐ компоненты контура (емкости, трубопроводы, фильтры)

Гидравлические масла для транспорта



Индустриальные смазочные материалы



Области применения промышленных гидравлических масел



Гидравлический пресс



Прокатный стан



Мостовой кран



Прокатный стан

Функции гидравлических масел

- ☐ передача энергии давления и крутящих моментов
- ☐ снижение износа трущихся поверхностей
- ☐ уменьшение трения
- ☐ защита компонентов гидравлической системы от коррозии
- ☐ отвод тепла
- ☐ увеличение сроков службы оборудования

Общие требования к гидравлическим маслам

- ☐ высокая окислительная и термическая стабильность
- ☐ инертность к металлам
- ☐ совместимость с материалами уплотнений
- ☐ высокая деаэрационная способность
- ☐ низкая вспениваемость
- ☐ хорошая фильтруемость
- ☐ способность отделять воду (деэмульгируемость)
- ☐ низкая испаряемость
- ☐ экологическая безопасность
- ☐ низкая воспламеняемость (для огнестойких масел)

Классификация гидравлических масел нефтяного происхождения

Основа любой классификации – вязкость масла и уровень эксплуатационных свойств

Классификации гидравлических масел:

- ☐ ГОСТ 17479.3-85 – Масла гидравлические (не индустриальные)
- ☐ ГОСТ 17479.4-85 – Масла индустриальные
- ☐ ISO 3448 – классификация масел по вязкости
- ☐ ISO 6743/4 – классификация по эксплуатационным свойствам
- ☐ DIN 51524 – национальный стандарт Германии – требования к гидравлическим маслам
- ☐ Классификации и требования производителей гидравлического оборудования
 - Denison
 - Cincinatti Machine
 - US Steel и другие

Классификация ГОСТ 17479.3-85

Устанавливает классификацию и обозначение масел для авиационной, подвижной наземной, судовой и другой техники, эксплуатируемой на открытом воздухе

Классы вязкости при 40°C – 5 7 10 15 22 32 46 68 100 150

По уровню вязкости (условно)

- маловязкие – классы вязкости с 5 по 15
- средневязкие – классы вязкости 22 и 32
- высоковязкие – классы вязкости с 46 по 150

Класс вязкости	Кинематическая вязкость при t-ре 40 °C, мм ² /с (сСт)
5	4,14-5,06
7	6,12-7,48
10	9,00-11,00
15	13,50-16,50
22	19,80-24,20
32	28,80-35,20
46	41,40-50,60
68	61,20-74,80
100	90,00-110,00
150	135,00-165,00

Принадлежность масла к группе по эксплуатационным свойствам:

- ☐ А – минеральные масла без присадок. Шестеренные, поршневые насосы, до 80°C, до 15 МПа
- ☐ Б – ----//----- с антиокислительными и противокоррозионными присадками, все типы насосов, до 90 °С, до 25 МПа
- ☐ В – ----//----- с антиокислительными, противокоррозионными и противоизносными присадками, все типы насосов, св. 90 °С (но не выше т-ры вспышки), св. 35 МПа

Пример обозначения гидравлических масел для мобильной техники

МГ-15-В

где МГ - минеральное гидравлическое масло;

15 - класс вязкости;

В - группа масла по эксплуатационным свойствам.

Классификация ГОСТ 17479.4-85

Устанавливает классификацию и обозначение масел для промышленности

– гидравлические, редукторные, направляющие скольжения

Классы вязкости – согласно ISO 3448

Группы индустриальных масел по назначению:

☐ Л – легко нагруженные узлы

☐ Г – гидравлические системы

- А – масла без присадок

- В – Масла с антиокислительными и антикоррозионными присадками

- С - Масла типа В с противоизносными присадками

- D - Масла типа С с противозадирными присадками

- Е - Масла типа Д с противоскачковыми присадками

☐ Н – направляющие скольжения

☐ Т – тяжело нагруженные узлы (зубчатые передачи)

Пример обозначения **И-Г-С-32** (ИГП-18)

Классификация ISO 3448

ISO 3448 устанавливает классы вязкости масел - промышленных, гидравлических редукторных, компрессорных, турбинных и т.д :

Класс вязкости	Кинематическая вязкость при 40°C, сСт	Класс вязкости	Кинематическая вязкость при 40°C, сСт
2	1,98 – 2,42	68	61,2 – 74,8
3	2,88 – 3,52	100	90,0 – 110
5	4,14 – 5,06	150	135 – 165
7	6,12 – 7,48	220	198 – 242
10	9,00 – 11,0	320	288 – 352
15	13,5 – 16,5	460	414 – 506
22	19,8 – 24,42	680	612 – 748
32	28,8 – 35,2	1 000	900 – 1100
46	41,4 – 50,6	1 500	1350 - 1650

Классификации гидравлических масел по типу основы

Минеральные
гидравлические масла

Огнестойкие
гидравлические масла

Биоразлагаемые
гидравлические масла

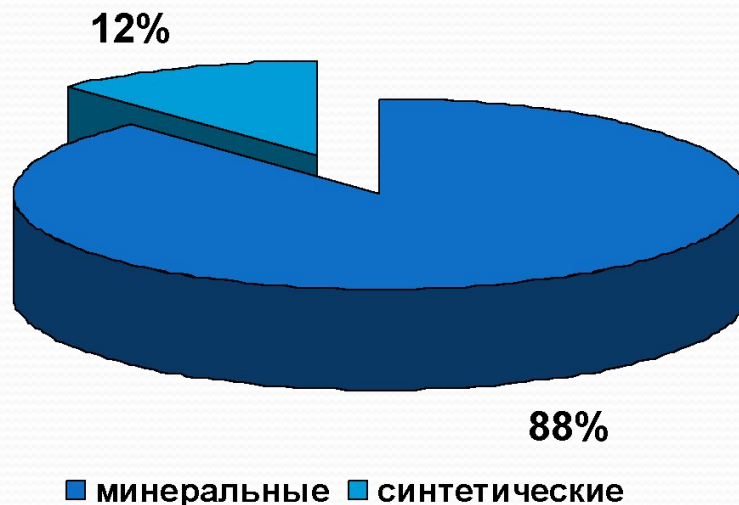
ISO
6743/4

DIN 51524

Содержащи
е
воду

Не
содержащие
воду

ISO 15380



Классификации ISO 6743/4, DIN 51524

Стандарт		Наличие присадок в масле			
ISO 6743/4	DIN 51524	антиокислительные	антикоррозионные	противоизносные	загущающие
HH	---				
HL	HL				
HM	HLP				
HR	---				
HV	HVLP				
HS	---	Синтетические жидкости без огнестойких свойств			
HG	---	Масла HM с присадками, предотвращающими прерывистое трение			
---	HLPD	Масла HLP с диспергирующими присадками			

Устанавливают классификацию и обозначение гидравлических масел

DIN 51524 – устанавливает также требования к гидравлическим маслам

Огнестойкие гидравлические масла

Основное свойство – невоспламеняемость – пожаробезопасные масла

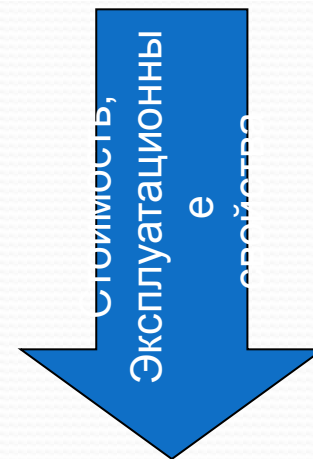


HFA – эмульсия масло в воде, вода 80-90%

HFB – эмульсия вода в масле, вода 45-55%

HFC – водный раствор полигликолей, вода 35-40%

HFD – сложные эфиры фосфорных, карбоновых кислот



Биоразлагаемые гидравлические масла.

Биоразлагаемые масла предназначены для снижения вредного воздействия на окружающую среду. Особенно актуально в случаях неизбежных утечек или потерь масел при эксплуатации.

ISO 15380

HE_ _ – *H*ydraulic oil *E*nvironmental

HETG – масла на основе растительных масел (**TG** – триглицериды)

HEES – нерастворимые в воде сложные эфиры

HEPG – полигликоги (водорастворимые)

HEPR – полиальфаолефины и родственные им продукты



Требования к свежим гидравлическим маслам для промышленности

- ☐ ВЯЗКОСТЬ при 40°C, 100°C, 0°C и минусовой температуре для загущенных масел
- ☐ ИНДЕКС ВЯЗКОСТИ
- ☐ СТАБИЛЬНОСТЬ ПРОТИВ ОКИСЛЕНИЯ
- ☐ ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ (противоизносные свойства)
- ☐ ЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА
- ☐ ПРОТИВОПЕННЫЕ СВОЙСТВА
- ☐ ДЕЭМУЛЬГИРУЕМОСТЬ и СОДЕРЖАНИЕ ВОДЫ
- ☐ ДЕАЭРАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА (воздухоотделение)
- ☐ ФИЛЬТРУЕМОСТЬ
- ☐ КЛАСС ЧИСТОТЫ
- ☐ СОВМЕСТИМОСТЬ С КОНСТРУКЦИОННЫМИ МАТЕРИАЛАМИ
- ☐ Температуры вспышки и застывания
- ☐ АНТИКОРРОЗИОННЫЕ СВОЙСТВА

Вязкость гидравлических масел

Вязкость – основной показатель для подбора гидравлических масел.

Рекомендуется указывать три значения вязкости:

Максимальное значение при самой низкой т-ре, обеспечивающей запуск гидравлической системы – обычно **800-1500 мм²/с** в зависимости от типа насоса

Минимальное значение – обычно **10 мм²/с** – при самой высокой т-ре применения.

Снижение вязкости ниже допустимого приводит к повышенному износу и кавитационным явлениям в гидравлическом насосе.

Оптимальная вязкость при рабочей т-ре выбирают такой, при которой гидросистема работает с наибольшей эфф-стью (кпд и сроком службы), обычно – **20-40 мм²/с**

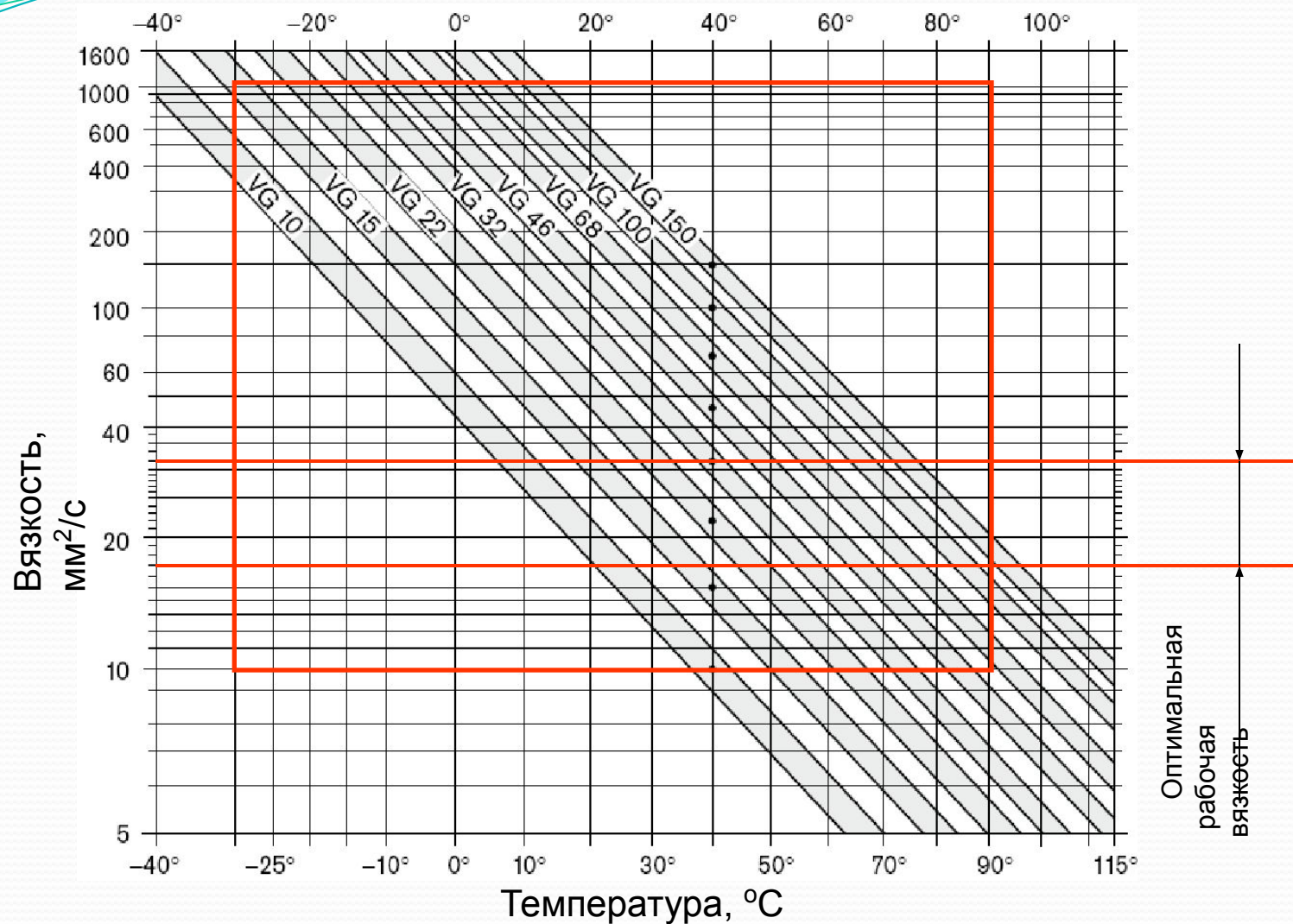
Регулируется холодильником при высокой т-ре, а также применением летних, зимних, всесезонных сортов (при работе на открытом воздухе).

Обычная рабочая температура – **40-60°C**

В закрытых помещениях при диапазоне температур 10°C (пуск) – до 90°C (т-ра в системе) обычно применяют незагущенные масла

Обычно загущенные масла типа **HVLP** (дороже на 30-35%)

Подбор гидравлических масел по вязкости

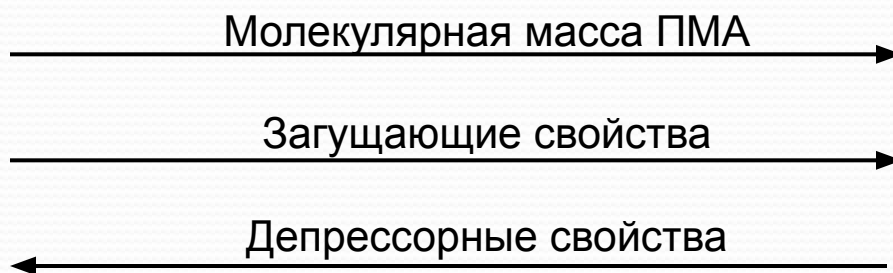


Подбор загущенных гидравлических масел

Загущенные (всесезонные) масла типа HVLP (DIN 51524 часть 3) – это обычные масла с загущающей присадкой.

Загустители – в основном – полиизобутилены и полиметакрилаты (ПМА).

Полиметакрилаты обладают загущающими и депрессорными свойствами



Дополнительное требование к загущенным маслам – **стойкость к деструкции**

Масла на минеральной основе (группа 1 по классификации API)

	ISO 22	ISO 32	ISO 46	ISO 15	ISO 32 (HVLP)
Вязкость при 40	22	32	46	15	32
Вязкость при минус 20	1 200	3 000	5 500	900	1 100
Вязкость 10 сСт при температуре °C	60-65	70-75	80-85	50-55	85-90
Индекс вязкости	90	95	95	90	200

Стабильность

Виды стабильности:

- Антиокислительная
- Термическая
- Коллоидная
- Гидролитическая
- Стабильность вязкости

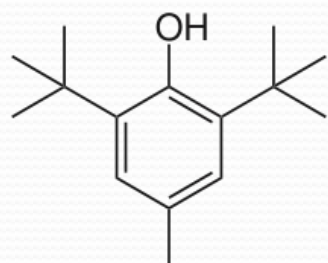
Факторы, влияющие на стабильность:

- ◆ Кислород воздуха
- ◆ Технологические параметры гидросистемы
- ◆ Вода
- ◆ Катализаторы
- ◆ Загрязнения

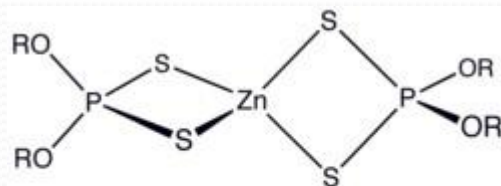
Стойкость против окисления

Стойкость против окисления МГ определяет:

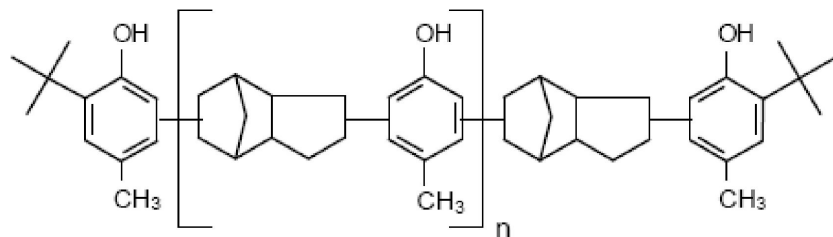
- ❑ срок службы – интервал замены
- ❑ снижение коррозии оборудования из-за образующихся кислых продуктов
- ❑ предотвращение преждевременной забивки фильтров
- ❑ определяется качеством базового масла и наличием антиокислительных присадок (пространственно-затрудненные алкилфенолы, диалкилтиофосфаты)



Ионол, Агидол-1, ВНТ



Дитиофосфат цинка



Окисление по ASTM D 943



HLP ISO32

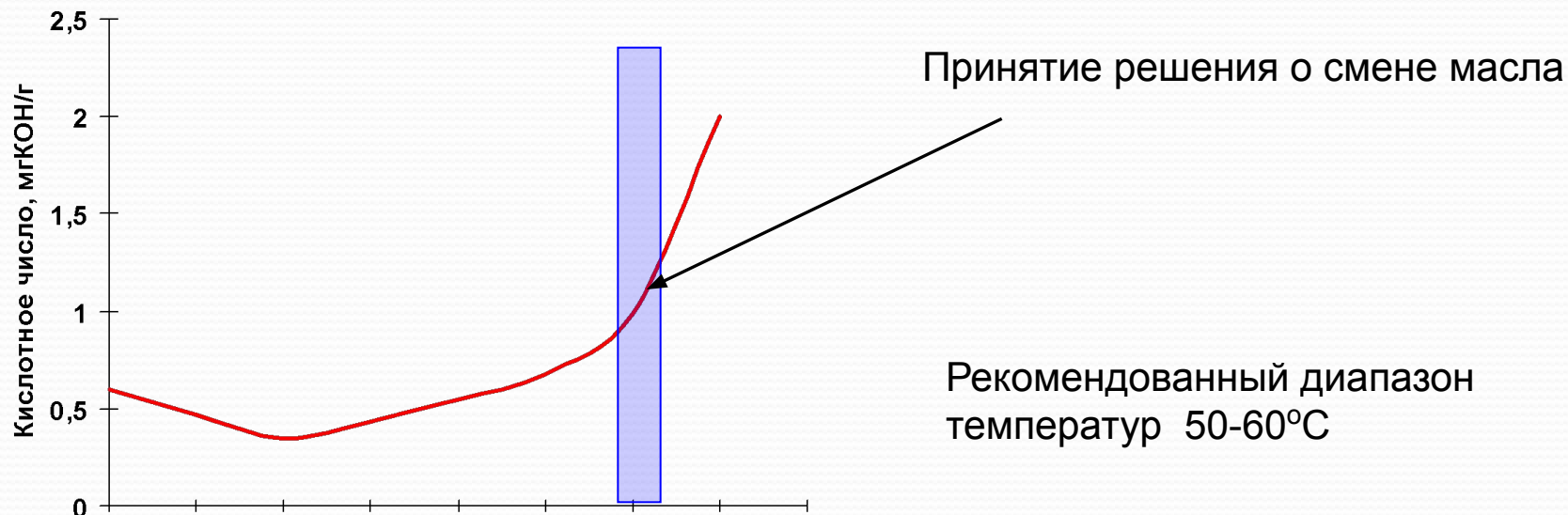
ИГП-18

HVLP ISO32

Стойкость к окислению

Окисление масла при эксплуатации сопровождается:

- ☐ увеличением кислотного числа
- ☐ увеличением вязкости
- ☐ осадкообразованием и частой сменой фильтров
- ☐ ухудшением цвета (потемнением)



Температура в системе при эксплуатации влияет на срок службы масла!!!

Интенсивность окисления с повышением т-ры на 10 °C практически удваивается!

Даже min отложения продуктов окисления и терморазложения приводят к заклиниванию системы, забивке дросселей органов управления гидросистем

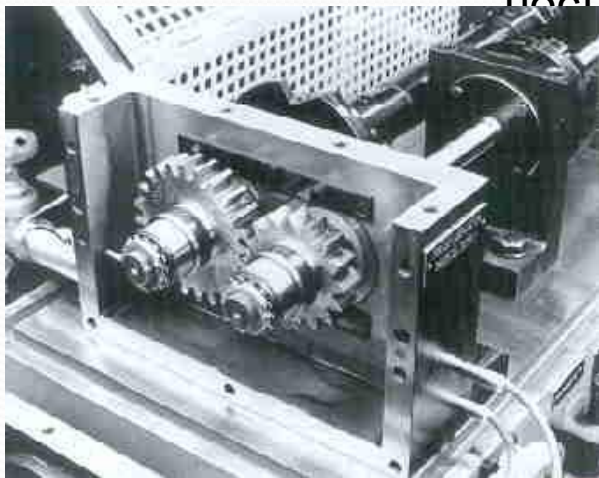
Трибологические характеристики

Основные тенденции развития гидросистем: < масса и размеры; > рабочие давления, удельные нагрузки и рабочая т-ра.

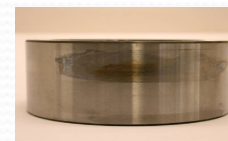
- ❑ нормируются в обязательном порядке всеми производителями оборудования
- ❑ определяют срок службы насосного оборудования
- ❑ измеряются лабораторными, стендовыми трибомашинами или испытаниями на гидравлических насосах

Противоизносные присадки

Шестеренный стенд FZG ЧШ
после испыт



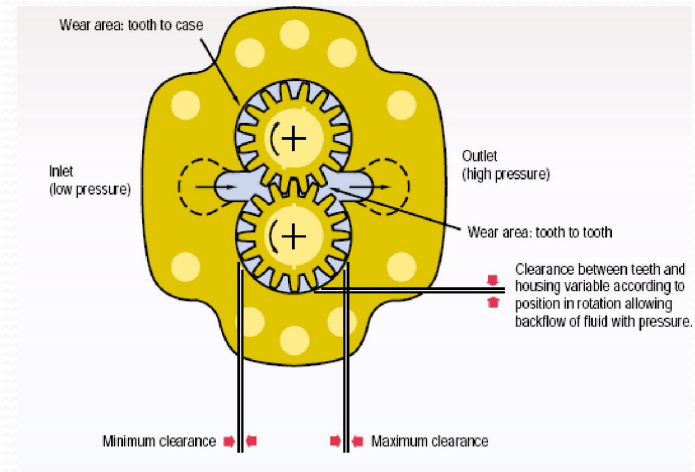
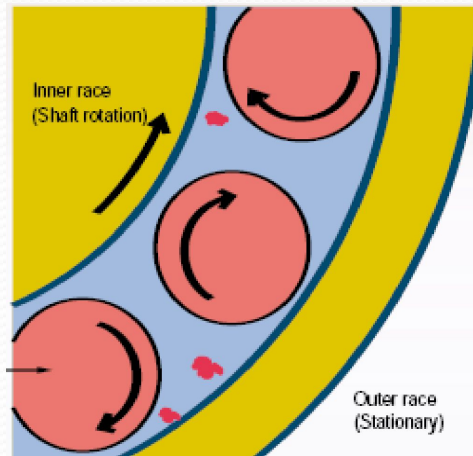
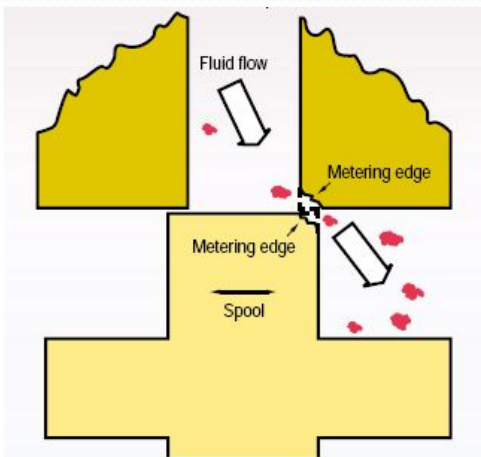
enison (детали



Класс чистоты и фильтруемость

Класс чистоты – зависит от количества и размера частиц в масле

- ❑ один из самых важных показателей гидравлического масла при эксплуатации!!!
- ❑ несоблюдение ведет к **поломке гидравлического оборудования** – насосы, регулирующая аппаратура
- ❑ соответствие требованиям достигается постоянной фильтрацией масла в системе
- ❑ показатель **класс чистоты** постоянно фиксируется специальными приборами – счетчиками частиц



Источники загрязнений гидравлических масел

☐ Свежее масло

- должно быть отфильтровано перед эксплуатацией

☐ Продукты износа оборудования

☐ Продукты окисления масла

☐ Продукты разложения/деградации присадок

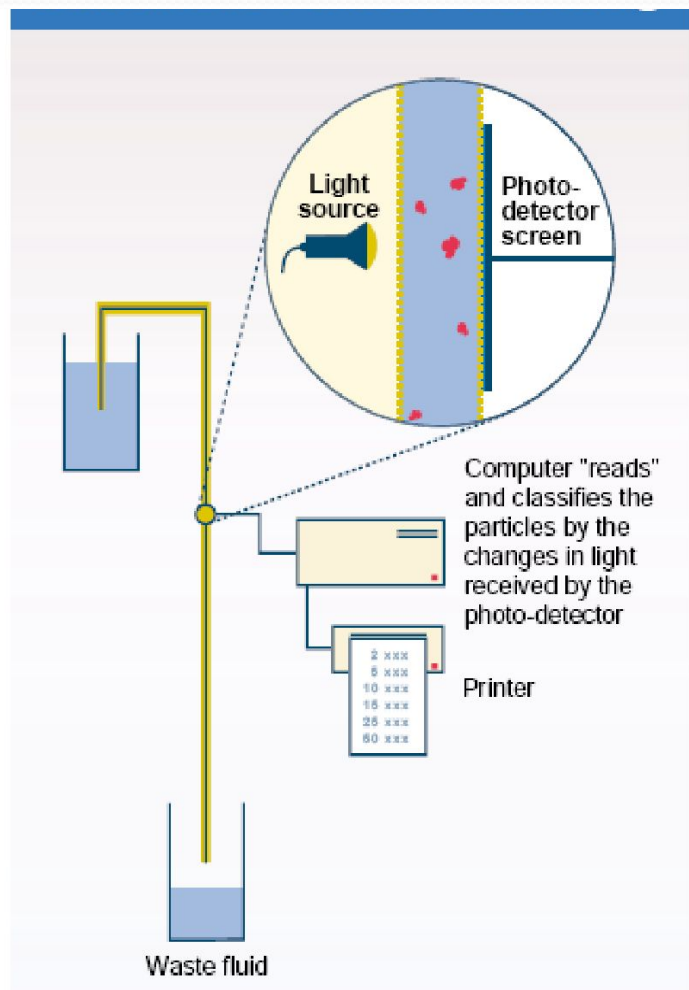
☐ Внешние загрязнители – вода, СОЖ, пыль, грязь и т.д.

Масло в процессе эксплуатации должно подвергаться фильтрации для удаления частиц.

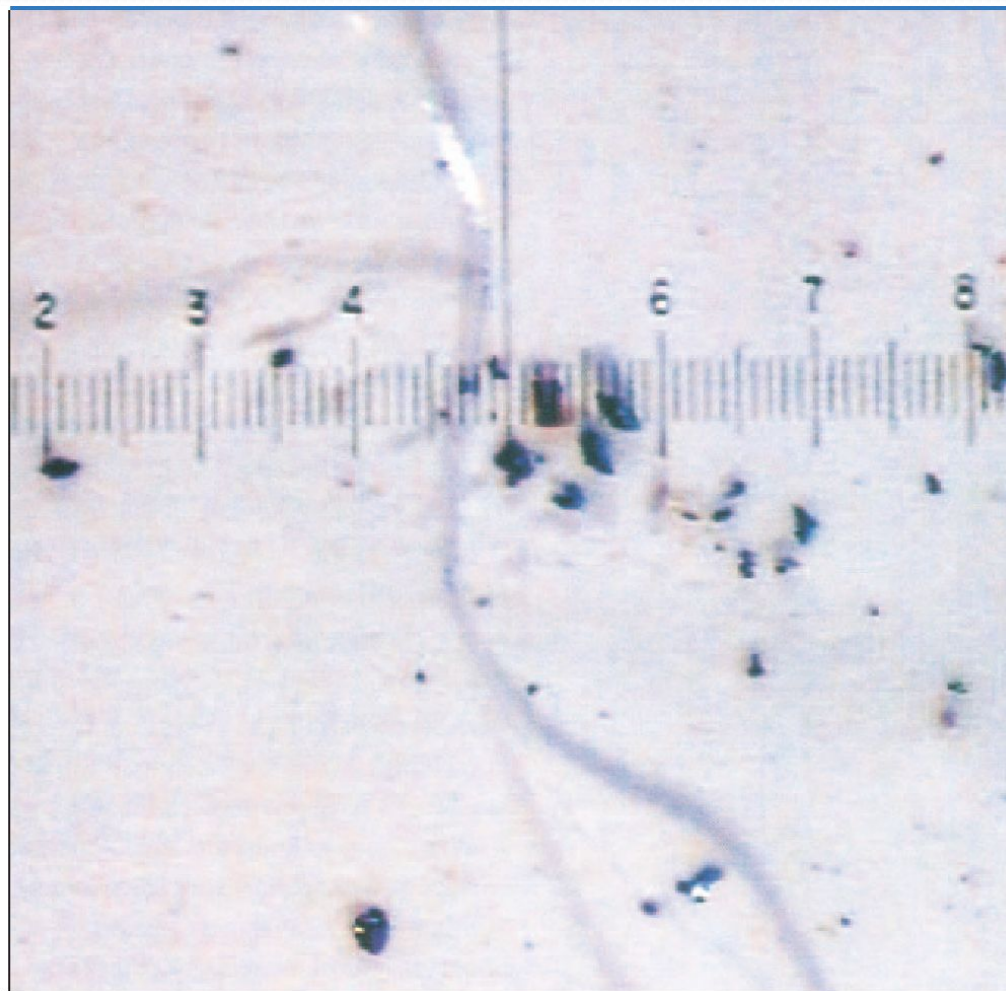
Степень фильтрации определяется требованиями к классу чистоты для конкретного оборудования.

Подсчет частиц в гидравлических маслах

Автоматический счетчик



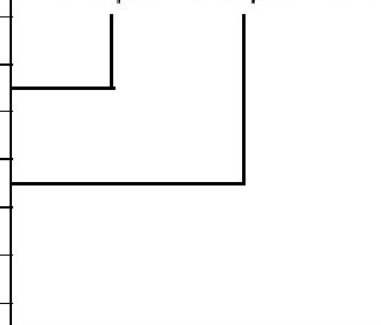
Под микроскопом – подсчет частиц на фильтре



Класс чистоты по ISO 4406

Particles per 100 ml		Scale number
More than	Up to and including	
8,000,000	16,000,000	24
4,000,000	8,000,000	23
2,000,000	4,000,000	22
1,000,000	2,000,000	21
500,000	1,000,000	20
250,000	500,000	19
130,000	250,000	18
64000	130,000	17
32000	64000	16
16000	32000	15
8000	16000	14
4000	8000	13
2000	4000	12
1000	2000	11
500	1000	10
250	500	9
130	250	8
64	130	7
32	64	6

20 / 18 / 15
 > 4 µm > 6 µm > 14 µm



ГОСТ 17216 «ЧИСТОТА ПРОМЫШЛЕННАЯ. Классы чистоты жидкостей»

Для производства высококачественных гидравлических масел необходима стадия фильтрации. Цель 9-10 класс чистоты.

Класс чистоты жидкостей	Число частиц загрязнителя в (100±0,5) см ³ жидкости при размере частиц, мкм, не более									Масса загрязнителей, %, не более
	от 0,5 до 1	св. 1 до 2	св. 2 до 5	св. 5 до 10	св. 10 до 25	св. 25 до 50	св. 50 до 100	св. 100 до 200	волокна	
00	800	400	32	8	4	1	Отсутствие	АО	АО	Не нормируется
0	1600	800	63	16	8	2		Отсутствие		
1		1600	125	32	16	3				
2			250	63	32	4	1			
3				125	63	8	2			
4				250	125	12	3			
5				500	250	25	4	1		
6	Не нормируется			1000	500	50	6	2	1	0,000032
7				2000	1000	100	12	4	2	0,000064
8				4000	2000	200	25	6	3	0,000125
9				8000	4000	400	50	12	4	0,00025
10				16000	8000	800	100	25	5	0,0005
11				31500	16000	1600	200	50	10	0,001
12	63000	31500	3150	400	100	20	0,002			
13			63000	6300	800	200	40	0,004		
14			125000	12500	1600	400	80	0,008		
15				25000	3150	800	160	0,016		
16				50000	6300	1600	315	0,032		
17					12500	3150	630	0,064		

Типичные значения класса чистоты гидравлических масел при производстве без стадии фильтрации

Типичные классы чистоты при эксплуатации гидравлических масел

Антикоррозионные свойства

В гидросистеме есть сталь, чугун, бронза, медь, алюминий, латунь и др. Продукты коррозии (ржавчина) затрудняют работу клапанов, фильтров, дросселей и пр.

Для гидравлических масел нормируют:

- ❑ коррозию медной пластинки – метод ГОСТ 2917, ASTM D 130 – 3 часа, 100°C

требования	баллы
DIN 51524	2
General Motors	1b
Bosch Rexroth	2
Масла ИГП	Не нормируется



- ❑ защитные свойства – способность МГ защищать гидросистему от действия влаги в присутствии кислорода по отношению к стали – ГОСТ 19199, ASTM D 665.

Требование – отсутствие коррозии – «отсутствуют следы коррозии в виде пятен или точек» - 24 часа, 60°C – стальная пластина, погруженная в масляно-водную смесь

Содержание воды. Дезмульгируемость

Вода – это загрязнитель гидравлической системы, ведет к:

- ☐ увеличению коррозионной агрессивности масла
- ☐ воздействию на композицию присадок
- ☐ снижению вязкости масла
- ☐ нарушению процесса фильтрации масла
- ☐ кавитации оборудования

Предельное содержание воды при эксплуатации – 0,1%. Для свежего масла – не более 0,03 или 0,05% в зависимости от спецификации

Необходимо постоянное дренирование воды из гидросистемы.

Дезмульгируемость – способность отделять воду

Метод – ASTM D 1401 – смесь 40/40 мл вода/масло – перемешивание и отстаивание.

Результат – время достижения значений 40/40/0 (40/37/3)

Дезэмульгаторы – присадки, вводимые в гидравлические масла

Противопенные свойства и деаэрация

Это не одно и то же!!!

Деаэрация – способность масла выделять диспергированный воздух из объема.

Противопенные свойства – способность быстрого разрушения поверхностных пузырьков воздуха

МГ может содержать 9-14 % диспергированного воздуха

Медленно выделяющийся из объема воздух вреднее, чем поверхностная пена.

Деаэрация зависит:

- ☐ от качества и чистоты базового масла
- ☐ от вязкости масла. Маловязкие масла лучше отделяют воздух
- ☐ от наличия/отсутствия ПАВ, воды, загрязнений
- ☐ от степени окисления масла в эксплуатации

Чрезмерное насыщение масла воздухом приводит:

- ☐ к нарушению режима смазки ввиду падения вязкости
- ☐ к кавитации, увеличению шума
- ☐ к нарушению сжимаемости, возникновению прерывистого движения, воздушным пробкам, ухудшению подачи насосов
- ☐ к ухудшению работы следящих систем

Не существует присадок, улучшающих деаэрацию!

Кавитация (от лат. *cavita* — пустота) — процесс парообразования и последующей конденсации пузырьков пара в потоке жидкости, сопровождающийся шумом и гидравлическими ударами, образованием в жидкости полостей (кавитационных пузырьков, или каверн), заполненных паром самой жидкости, в которой возникает.

Кавитация возникает в результате местного понижения давления в жидкости, которое может происходить:

- при увеличении её скорости (гидродинамическая кавитация),
- при прохождении акустической волны большой интенсивности во время разрежения (акустическая кавитация) и др. причин.

Перемещаясь с потоком в область с более высоким давлением или во время сжатия, кавитационный пузырёк схлопывается, излучая при этом ударную волну.

Явление кавитации носит локальный характер и возникает только там, где есть условия.

Перемещаться в среде возникновения не может!

Кавитация разрушает поверхность гидротурбин, акустических излучателей, деталей амортизаторов, гидромуфт и др.

Противопенные свойства и деаэрация

Вспенивание происходит, когда скорость деаэрации выше скорости, с которой пузырьки воздуха лопаются на поверхности.

Противопенные свойства достигаются введением присадок (в основных полисилоксановых). Эти присадки ухудшают деаэрацию. Применяют в очень малых количествах – 0,001-0,003%

Методы определения:

Деаэрация – ASTM D 3472 – метод заключается в аэрации (интенсивном барботаже) пробы масла воздухом при т-ре 50 °С под давлением 20 кПа в термостатированном сосуде в течение 420 секунд, с дальнейшим определением времени деаэрации в минутах, за которое из масла выделится воздух до остаточного содержания 0,2%.

Современные требования: показатель деаэрац. свойств д.б. не более 5-10 мин (зависит от вязкости)

Противопенные свойства – ASTM D 892 определяются – вспениваемостью и стойкостью пены. Определяется при температурах – 24°С, 94°С и 24°С (после испытания при 24°С).

Современные требования: объем пены не более 50 см³, 0 - стойкость пены.

Противопенные присадки

Типичная рецептура гидравлического масла

Базовое масло – 85-99%

Функциональные присадки – 0,5-1,5%

Загуститель (для загущенных масел типа HVLP) – 5-15%

Базовые масла:

- ☐ минеральные группы I, II по классификации API
- ☐ масла гидрокрекинга – группа III по классификации API
- ☐ полиальфаолефины – группа IV по классификации API
- ☐ эфиры - группа V по классификации API
- ☐ растительные масла

Присадки к гидравлическим маслам

Антиокислительные	Алкилфенольные, дитиофосфаты цинка
Деактиваторы меди	Азотные соединения (триазолы)
Ингибиторы коррозии стали	Производные карбоновых кислот, сульфонаты, соединения янтарной кислоты
Противоизносные присадки	Сложные эфиры, дитиофосфаты цинка
Модификаторы трения	Жирные кислоты, сложные эфиры
Антипенные присадки	Полиметилсилоксаны
Депрессоры	Полиметакрилаты
Загустители	Полиметакрилаты, полиизобутилен

Ассортимент промышленных гидравлических масел по классификации ГОСТ 17469.3

Марка масла	Обозначение масла по ГОСТ 17479.3-85	Назначение и условия применения
ЛЗ-МГ-2, МГ-7-Б, МГЕ-4А	МГ-7-Б	Для гидросистем спец. техники (космических, лета-тельных и наземных гидрообъёмных передач) (-35 ...+100°C)
МГ-10-Б (ранее РМЦ)	МГ-10-Б	Для средненапряжённых гидравлических систем, для гидросистем спец. техники, в качестве низкозастывающей рабочей жидкости и как заменитель масел РМ и РМЦ.
АМГ-10	МГ-15-Б	Для гидравлических систем авиационной техники, работающих в диапазоне температур -60...+125°C
МГЕ-10А, ВМГЗ, Раунд ВМГЗ, АМГ-10	МГ-15-В	Для систем гидропривода строительных, дорожных, лесозаготовительных, подъёмно-транспортных, сельскохозяйственных и др. -35...+90-100°C или -55... +80°C
АУ, АУП	МГ-22-Б	Для гидравлических устройств -30...+120°C
Мобойл R-22, ГТ-50, Марки Р	МГ-22-В	Для гидропередач локомотивов и подвижного состава, для гидромеханич. и гидрообъемных передач, гидроусилителей руля (т-ра окружающего воздуха не ниже -45°C)

Продолжение

Марка масла	Обозначение масла по ГОСТ 17479.3-85	Назначение и условия применения
Марки А, МГТ, Лукойл- ГЕЙЗЕР 32 ЛТ	МГ-32-В	Для гидросистем шагающих экскаваторов в р-нах Восточной Сибири, для гидромеханич. передач, в качестве рабочей жидкости, в гидроамортизаторах и зубчатых редукторах, в гидроусилителях руля при т-ре не ниже -35°С, для гидросистем промышленного оборудования, транспорта, работающих при пониженных т-рах
МГЕ-46В	МГ-46-В	Для гидросистем с/х, дорожной, строительной техники, работающей в диапазоне т-тур от -15°С до +80°С
МГ-8А, МГЕ-68Е	МГ-68-В	Для гидравлических системах навесного оборудования и рулевого управления тракторов, самоходных сельскохозяйственных машин и самосвальных автомобилей
ГЖД-14С	МГ100-В	Для основных гидравлических системах винтов регулируемого шага судов.