

# Руководство по поддержанию чистоты масла

Важность обслуживания масла

100 мкм  
Крупица соли

• 1 мкм  
Табачный дым

• 3 мкм  
Бактерии

8 мкм  
Угольная пыль

70 мкм  
Человеческий волос

40 мкм  
Видимость невооруженным глазом

25 мкм  
Пыльца



# Введение

Обслуживание требует наибольших одноразовых регулируемых расходов на производственном предприятии. Поскольку 80% всех отказов оборудования связано с загрязнением масла, упреждающие методы позволяют промышленным предприятиям экономить значительные суммы каждый год.

В этом буклете рассматриваются проблемы недостаточной чистоты масла, а также причины и способы их устранения. Здесь изложены общеизвестные и общепризнанные сведения. Буклет составлен сотрудниками компании C.S.JENSEN A/S. Мы предлагаем вам воспользоваться нашим опытом обслуживания масла, который мы накопили за последние 60 лет в разных сферах применения. Идеальная система очистки масла контролирует все виды загрязнения.

Для получения дополнительных сведений рекомендуем посетить сайт: [www.cjc.dk](http://www.cjc.dk).



# Оглавление

Стр.	Глава	Стр.	Глава
3	<b>Введение</b>	29	Журнал анализа масла
5	<b>Оглавление</b>	30	Испытание на наличие лака
7	<b>1 Контроль загрязнения масла</b>	30	Колориметрическая проба (КП)
7	Износ в масляных системах	30	Инфракрасная спектроскопия с использованием преобразования Фурье (Фурье-ИКС)
8	Загрязнение твердыми частицами	31	Испытание в ультрацентрифуге (УЦ)
10	Загрязнение водой	32	<b>4 Методы очистки масла</b>
11	Растворенная вода	32	Типы фильтров
11	Вода в виде эмульсии	34	Стекловолоконный нагнетательный фильтр
11	Несвязанная вода	35	Целлюлозный фильтр
13	Разложение масла	36	<b>5 Определения фильтрации</b>
14	Загрязнение кислотой	36	Номинальная степень фильтрации
15	<b>2 Отбор проб масла</b>	36	Абсолютная степень фильтрации
15	Место отбора пробы масла	36	Бета-значения
16	Порядок отбора пробы масла	37	Объем фильтруемых загрязнителей
19	<b>3 Отчеты об анализе</b>	37	Перепускной клапан в фильтрах
19	Содержание отчета об анализе пробы масла	38	<b>6 Методы установки</b>
19	Обязательный минимум данных анализа масла	38	Фильтрация полного потока (в основной масляной магистрали)
20	Методы и периодичность анализа	38	Фильтрация в контуре очистки масла
21	Вязкость	40	<b>7 Экономия</b>
21	Абсолютная/динамическая вязкость	41	<b>8 Заказ системы фильтрации</b>
21	Кинематическая вязкость	41	Определение параметров фильтра контура очистки масла
22	Подсчет частиц	42	<b>9 Системы обслуживания масла СГС™</b>
22	Автоматический подсчет частиц (ISO 11500)	43	<b>10 Обращение с маслом и масляными системами</b>
22	Ручной подсчет частиц (ISO 4407)	43	Новое масло в емкостях
23	Классификационная таблица ISO	43	Масло в системе
24	Классы AS / NAS	44	<b>11 Рекомендации по покупке масла</b>
25	Оценка числа частиц и срока службы машины	44	Акты проверки и контрольная проба
26	Уровень влажности	44	Претензии
26	Титрование по методу Карла Фишера	45	Отбор пробы нового масла
27	Кислотное и щелочное числа	46	<b>12 Приложение</b>
28	Элементный анализ	47	<b>13 Указатель</b>
28	Атомно-эмиссионная спектроскопия (АЭС)		
28	Индуктивно-связанная плазма (ИСП)		
28	Вращающийся дисковый электрод (ВДЭ)		

## Контроль загрязнения масла

Для максимально эффективного предупреждения загрязнения масла следует в первую очередь не допускать попадания загрязнителей в систему. Все узлы машины должны быть чистыми при установке, а масляные системы должны быть тщательно промыты перед вводом в эксплуатацию. Масляная система также должна быть герметично изолирована от окружающей среды неповрежденными уплотнителями и прокладками, а также высококачественными дыхательными клапанами резервуаров, задерживающими частицы и влагу (осушающие и/или диафрагменные дыхательные клапаны).

Перед контактом с узлами машины масло должно проходить предварительную фильтрацию, предпочтительно путем непрерывного фильтрования в смазочном хозяйстве или на складе смазочных материалов, либо как минимум во время транспортировки к работающей машине.

Хороший контроль загрязнения масла также включает в себя процедуры обслуживания для доливки масла, замены деталей, отбора проб масла и пр.

### Износ в масляных системах

Работа машины, в которой масло используется для передачи мощности, для смазки или сгорания, будет зависеть от состояния масла. Масло контактирует со всеми узлами системы и играет очень важную роль, как кровь в теле человека.

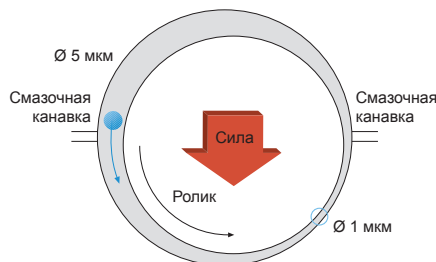


Рис. 1. Подшипник скольжения

Источник: Västerås Petroleumkemi AB

## Загрязнение твердыми частицами

Большинство отказов в масляной системе вызвано твердыми частицами.

Наибольший вред наносят частицы размером с динамический допуск между подвижными частями в масляной системе или немного крупнее (рис. 1, с. 7). Динамические допуски в масляной системе крайне малы. На рис. 2 указаны наименьшие допуски, используемые в разных видах узлов.

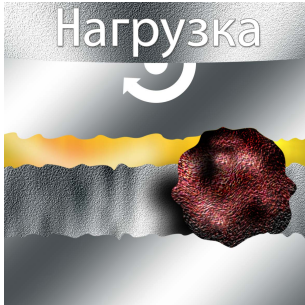
Динамическая масляная пленка	
Узел	Толщина пленки в микронах (мкм)
Подшипники скольжения	0,5—100
Гидравлические цилиндры	5—50
Двигатели, кольцо/цилиндр	0,3—7
Гидравлические клапаны непрямого действия и пропорциональные клапаны	1—3
Зубчатые насосы	0,5—5
Поршневые насосы	0,5—5
Подшипники качения / шариковые подшипники	0,1—3
Передаточные механизмы	0,1—1
Динамические уплотнения	0,05—0,5

Рис. 2. Динамическая масляная пленка  
Источник: Noria Corporation

1 мкм = 1/1000 мм или эквивалент табачного дыма.

Попадая в масляную систему, мелкие абразивные частицы песка или пыли вместе с маслом поступают в важные узлы машины и забиваются в малейшие зазоры. Это приводит к образованию микротрещин на поверхности таких узлов, как шариковые подшипники. Циклы нагрузок и напряжений расширяют поверхностные трещины, что приводит к ослаблению металла и откалыванию крупных

1. Застрявшая частица



2. Образование трещины



3. Увеличение трещины под нагрузкой и растяжением



4. Разрушение поверхности и образование частиц



Рис. 3. Усталостный износ

Чрезмерное количество частиц оказывает воздействие на комплекс присадок в масле. Бесконтрольное загрязнение масла может истощить моющие и вязкостные присадки.

Требуемая чистота масла в плане загрязнения твердыми частицами зависит от чувствительности узлов машины и последствий отказа, а именно расходов на замену деталей, стоимости простоя, ответственности за безопасность и пр.

*Рекомендации по определению требуемой чистоты масла*

УКОО «ТИСИС-СЕРВИС» ИНЖИНИРИНГ И ПОСТАВКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Интернет: [www.tisys.ru](http://www.tisys.ru) [www.tisys.kz](http://www.tisys.kz) [www.tisys.by](http://www.tisys.by) [www.tesec.ru](http://www.tesec.ru) [www.ti-sistemc.pф](http://www.ti-sistemc.pф)

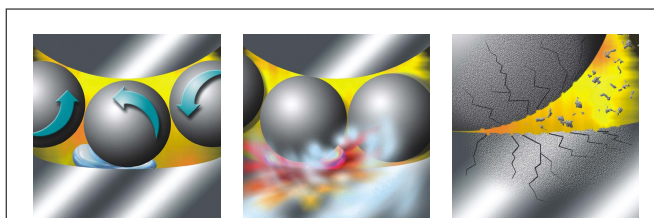
Телефоны: +7 (495) 7774788, 7489626, 5007155, 54 Эл. почта: [info@tisys.ru](mailto:info@tisys.ru) [info@tisys.kz](mailto:info@tisys.kz) [info@tisys.by](mailto:info@tisys.by)

## Загрязнение водой

Основная часть механических отказов вызвана наличием воды в масле. В сильно загрязненных водой масляных системах, например в бумажной промышленности, большинство неисправностей происходит из-за воды. Вода ухудшает смазочные свойства масла, так как обладает меньшей вязкостью и плохой несущей способностью. Под высоким давлением в зонах нагрузки, например в подшипниках и передаточных механизмах, происходит схлопывание капель воды. Образующиеся микроскопические струйки создают микроскопические поверхностные раковины в металлических поверхностях, и даже возможен контакт металлических поверхностей, когда водяной пар на мгновение выталкивает масло. Свободные ионы водорода в воде могут еще больше ухудшить ситуацию, так как они могут переходить на узлы машины, делая сталь хрупкой и подверженной образованию трещин. Вода также вызывает коррозию и эрозию, что приводит к образованию поверхностных раковин.

Вода также выступает в роли катализатора в разложении масла, ускоряя процессы окисления и образования смол, шлама и лака.

Рис. 4. Кавитация и образование поверхностных раковин



### Кавитация и образование поверхностных раковин

Происходит в областях, где сжимается масло с содержанием воды; схлопывание капель воды вызывает трещины в металлической поверхности и





# 1 Контроль загрязнения масла

Даже вода в растворенном состоянии может ухудшить характеристики масла и нанести вред узлам машины, поэтому нужно принимать разумные меры по минимизации содержания воды в масле. Рекомендуется поддерживать уровень насыщения ниже 60% во всем оборудовании.

Удаление воды может продлить срок службы подшипников, насосов, клапанов, инжекторов и других узлов. (см. рис. 29 в приложении, с. 46).

К сожалению, во многих отчетах об анализе масла содержание воды указывается очень неточно как  $<0,1\%$ , что означает менее 1000 млн-1. Для определения общего содержания воды закажите испытание титрованием по методу Карла Фишера, см. подробнее на с. 26.

**В масле не должно быть воды в виде эмульсии и несвязанном состоянии.**

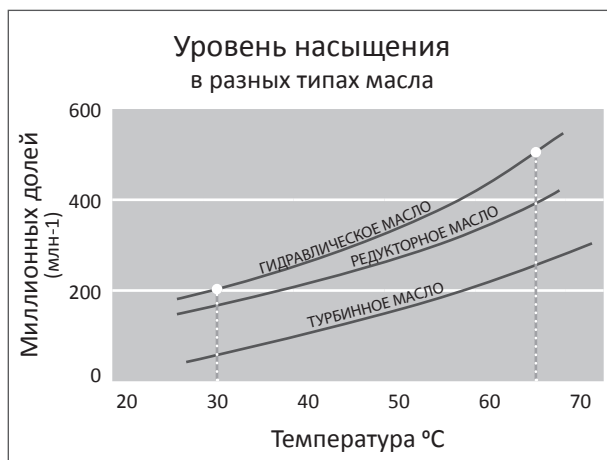


Рис. 5. Уровни насыщения в разных типах масла, источник: MP Filtri

## Примеры:

Гидравлическое масло при 30°C = 200 млн-1 = насыщение 100%

Гидравлическое масло при 65°C = 500 млн-1 = насыщение 250%

ООО «ТИ-СИСТЕМС» и др. инженерные поставки технологического оборудования 100%

Интернет: [www.tisys.ru](http://www.tisys.ru) [www.tisys.kz](http://www.tisys.kz) [www.tisys.by](http://www.tisys.by) [www.tesec.ru](http://www.tesec.ru) [www.ti-sistemc.pf](http://www.ti-sistemc.pf)

Телефоны: +7 (495) 7774788, 7489626, 5007155, 54 Эл. почта: [info@tisys.ru](mailto:info@tisys.ru) [info@tisys.kz](mailto:info@tisys.kz) [info@tisys.by](mailto:info@tisys.by)

## Разложение масла

### кисление, шлам, лак

Продукты разложения масла или мягкие примеси являются распространенной проблемой в большинстве отраслей. Они предшествуют отложениям, часто называемым лаком, которые вызывают проблемы в гидравлических и смазочных масляных системах.

При разложении масла под воздействием высоких температур воды или химических загрязнений, например меди, изменяются состав и функциональные свойства масла, что приводит к образованию следующих продуктов:

- Кислота в масле
- Полимеризованные соединения, растворяемые в теплом масле (называемые шламом или смолами)
- Лак, осаждающийся на холодные узлы машины

Лак образует клейкий слой на металлических поверхностях и легко забивает малые допуски, вызывая, например, заклинивание распределительных клапанов. Липкий слой собирает все твердые частицы, создавая подобную наждачной бумаге абразивную поверхность, которая существенно ускоряет износ машины.

Лак также может ухудшить охлаждение масла, засорить масляные каналы или линейные нагнетательные фильтры, нарушить смазку подшипников и пр.

Рис. 6.  
Лак на  
толкателе  
клапана



Возможность возникновения проблем, вызванных продуктами разложения масла, зависит от чувствительности узлов в конкретной масляной системе.

Шлам и лак можно удалить из масла, см. раздел «Методы очистки масла» на с. 32.

# 1 Контроль загрязнения масла

## Загрязнение кислотой

Кислота может присутствовать в масле как побочный продукт разложения масла, сгорания газа или топлива, гидролиза жидкостей на основе эфира и пр. Следует ограничить содержание кислоты в масле, поскольку она вызывает химическую коррозию узлов машины и сокращает срок службы масла, не говоря уже о других нежелательных последствиях.

Кислотное число (КЧ), также называемое общим кислотным числом (ОКЧ), измеряется кислотно-основным титрованием и выражается в виде количества миллиграмм едкого калия, необходимого для нейтрализации кислоты в одном грамме масла (мг КОН/г). См. *подробнее на с. 27.*

Кислотное число не должно превышать исходное значение более чем на +0,5 КЧ, а при значении +1 КЧ следует принять срочные меры (например, если у нового масла КЧ 0,5, то значение КЧ 1,0 предельно допустимо, а КЧ 1,5 указывает на аварийную кислотность).

Существуют разные способы удаления кислоты из масла. Самый очевидный способ заключается в нейтрализации поступающей кислоты за счет использования щелочных свойств масла. Этот способ используется в смазочных моторных маслах с высоким щелочным числом (ЩЧ), также называемым общим щелочным числом (ОЩЧ), используемых в газовых и дизельных двигателях. Рекомендуется заменять смазочное масло, когда ЩЧ падает ниже 30% от исходного значения.

Кислота, образующаяся при гидролизе в жидкостях на основе эфира, которые используются, например, в системах управления турбиной, может нанести большой вред. Практика показывает, что увеличение КЧ в 20 раз по сравнению с исходным значением приводит к сильной кислотной коррозии узлов системы. В таких жидкостях можно уменьшить КЧ и поддерживать его на допустимом уровне за счет использования нейтрализующего катализатора, такого как ионообменная смола, отбеливающая глина или оксиды алюминия. В портфель С.С.JENSEN входят такие ионообменные материалы в сочетании с фильтрами тонкой

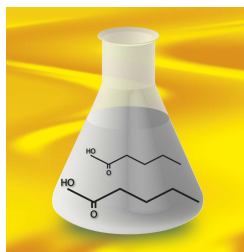


Рис. 7.  
Масло с высоким КЧ/  
ОКЧ имеет короткий  
срок службы

## Отбор проб масла

Проба масла может рассказать о состоянии машины и подсказать профилактические меры, необходимые для максимально эффективной и надежной работы машины с минимальными расходами. Сравнение с исходными пробами позволяет выявлять машины с критическими уровнями. Регулярный отбор проб выполняется для документирования достижения целей и выявления признаков чрезмерного износа, требующего принятия мер.

Качество результатов анализа в первую очередь зависит от правильного выполнения отбора пробы и обращения с ней, а также от качества лаборатории, проводящей анализ. Следует знать, где и как отбирать пробу, и уделять этому особое внимание.

### Место отбора пробы масла

Как указано на рис. 8, для получения представительной пробы следует отбирать масло из направленного вверх патрубка или отвода с турбулентным потоком. В клапанах для отбора проб в нижней части трубы часто собираются твердые частицы.

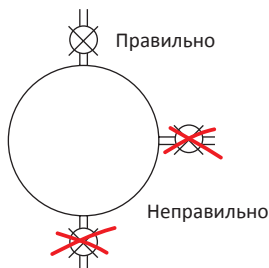


Рис. 8.  
Поперечный разрез  
трубы  
с клапанами для  
отбора проб

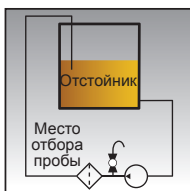
Источник:  
Västeras  
PetroleumKemi AB

Для оценки состояния узлов машины лучше всего отбирать пробы масла на выходе из машины до фильтров и до возврата масла в бак системы. Это позволит обнаружить возможные признаки износа машины.

Чтобы гарантировать чистоту масла в системе, следует отбирать пробы в самой загрязненной ее части — из нижнего слива бака.

К нижнему сливу обычно подсоединяется система фильтрации контура очистки масла, поэтому удовлетворительный результат анализа масла на участке между насосом и корпусом фильтра является наилучшей гарантией того, что масло в системе чистое.

# 2 Отбор проб масла



Если в системе не установлен фильтр контура очистки масла, можно использовать вакуумный насос для отбора проб. В таком случае проба отбирается в 10 см от самой нижней части бака (см. с. 18).

## Порядок отбора пробы масла - между насосом и фильтром контура очистки масла

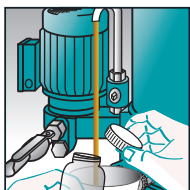
Для отбора пробы масла требуется следующее:

Пункты 1—3



- Сертифицированная стеклянная или жесткая пластиковая бутылка (100—200 мл), не содержащая примесных частиц
- Салфетка
- Открытая емкость для масла примерно на 4 л

Пункт 4



Перед отбором пробы масла следует внимательно ознакомиться со следующей инструкцией.

## Порядок отбора пробы масла

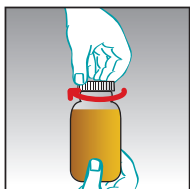
Убедиться, что масляная система находится в стабильном рабочем состоянии

Пункты 5—6

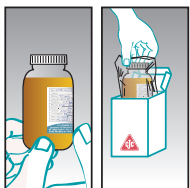


1. Поместить емкость для масла под клапан для отбора проб.
2. Открыть и закрыть клапан пять раз и оставить его открытым.
3. Промыть трубу, слив один литр масла в емкость.
4. Открыть бутылку для отбора проб, держа крышку в руке, чтобы избежать загрязнения.
5. Поместить бутылку под струю масла, **не касаясь клапана для отбора проб и сливной трубки.**
6. Наполнить бутылку примерно на 80%.
7. Закрыть бутылку крышкой сразу после отбора пробы.
8. Закрыть клапан для отбора проб.
9. Заполнить этикетку и наклеить на бутылку для отбора проб.
10. Упаковать бутылку для отбора проб в полиэтиленовый пакет и картонную коробку и отправить по почте или курьером.

Пункт 7



Пункты 8—10



**На всех пробах следует четко указать номер, место отбора проб, дату и тип/марку масла (см. пример на с. 17).**

Рис. 9. Отбор проб масла между насосом и фильтром контура очистки масла


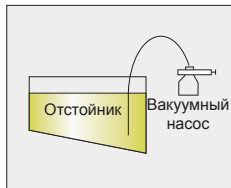
 <b>OIL SAMPLING</b>		Date: 01.07.14
Customer & Site: COMPANY NAME		
Customer Contact Person: MR. JENSEN		
Type of Industry: MARINE		
System Type: HYDRAULIC UNIT		
Machine Brand: BRAND NAME		
Sampling Point: BEFORE OFFLINE FILTER		
Fluid Brand & Type: OIL NAME		
Sample No.: 1	CJC Sales Responsible: XXX	
System/Tank Volume: 2800 L	CJC™ Filter Type: HDU	
Fluid Temperature: 50° C	CJC™ Insert Type: B9 15/25	
Fluid Operating Hours: 8000	CJC™ Filter Pressure (bar): 0,5	
Note:		

Рис. 10. Этикетка для пробы масла CJC™

**Следует помнить, что пробу масла  
невозможно сделать лучше/чище, чем  
масло в системе,  
но ее легко ухудшить!**

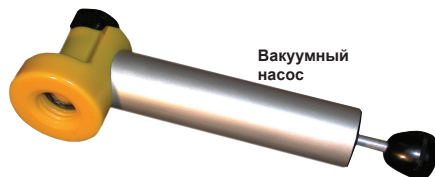
# 2 Отбор проб масла



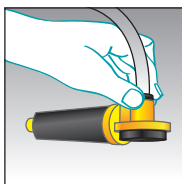
## Порядок отбора пробы масла - с помощью вакуумного насоса

Необходимо следовать инструкции к насосу.

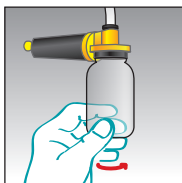
На представленных ниже рисунках показан комплект для отбора проб масла СИС™.



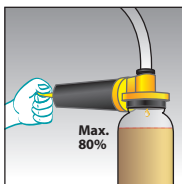
Пункт 1



Пункт 2



Пункт 3



Пункт 4



## Порядок отбора пробы масла

1. Отмотать и отрезать подходящий кусок трубки. **Каждый раз использовать новую трубку.** Вставить трубку в крышку насоса. Перед отбором пробы следует всегда промывать трубку двумя литрами масла.
2. Ввинтить бутылку в крышку насоса.
3. Создать вакуум в бутылке, прокачав несколько раз, и наполнить бутылку примерно на 80%.
4. Закрыть бутылку крышкой.

Свободный конец пластиковой трубки так должен находиться в 10 см от самой нижней части бака по центру между стенками бака.

**Трубка не должна касаться стенок или дна емкости.**

Для правильного расположения трубки может понадобиться примотать ее к планке. Также рекомендуется использовать трубку Пито, стационарно установленную на расстоянии 1/3 глубины бака от дна.

Запечатав бутылку, следует **указать на этикетке всю необходимую информацию, см. пример на . 17.**

Рис. 11.  
Отбор проб масла с помощью вакуумного насоса

## Отчеты об анализе

Сколько еще прослужит масло, можно определить, сравнив текущие показатели со значениями базового масла и комплекса присадок во время анализа масла. Как показывает опыт, уровень присадок в масле должен составлять не менее 70% от исходного значения (подробнее в материалах Noria Corporation). Поэтому следует обязательно брать пробу каждой поступающей бочки/партии масла, что определить исходные показатели. Это также поможет не допустить использование бракованной партии масла.

Определять время замены масла на основе периода эксплуатации или продолжительности работы в часах дорого и нецелесообразно. Оптимальным показателем необходимости замены масла является его состояние масла. Определить изменение состояния поможет анализ масла.

### Отчет об анализе масла отвечает на следующие вопросы:

- Масло пригодно для использования? То есть, допустимы ли свойства масла и присадок?
- Каково состояние машины? Существует ли критический износ?
- Какой уровень загрязнений очевиден? Уплотнения, дыхательные клапаны и фильтры работают эффективно?
- Разложение масла ускоряется? Возможны ли в скором времени серьезные проблемы из-за образования лака?

### Обязательный минимум данных анализа масла:

- Вязкость
- Подсчет частиц
- Содержание влаги/воды в млн-1
- Уровень кислотности
- Элементный анализ (износ и уровень присадок)

Рекомендуется проводить анализы в независимой лаборатории, специализирующейся на смазочных материалах и требуемой сфере применения масла.

Рис. 12.  
Сравнение  
разложившегося и  
нового масел  
Источник:  
C.C.JENSEN A/S





В других сферах применения могут быть важны и другие виды анализа. В масляных системах, в которых возможны проблемы с лаком, например в газовых турбинах и гидравлических системах управления, рекомендуется проводить испытание на образование лака.

Смазочное масло в дизельном двигателе требует испытания на разжижение топливом, сажу, щелочное число (ЩЧ) и так далее. Для масел разного назначения применяются разные типы анализа. В этом буклете рассматриваются пять наиболее часто используемых видов анализа.

### **Методы и периодичность анализа**

Перед определением тенденции следует взять контрольную пробу свежего нового масла. Она будет использоваться для дальнейшего сравнения и определения состояния комплекса присадок.

На этапе внедрения системы контроля состояния анализ должен проводиться регулярно, не реже одного раза в три месяца, но лучше каждый месяц для определения тенденции.

Эффективная тенденция строится на основе данных не менее пяти проб, взятых в одной масляной системе при одинаковых рабочих условиях.

Результаты анализа должны вноситься в журнал масляной системы. Журнал также должен содержать информацию о типе масла, изменениях масла, поломках, обозначениях чистоты масла согласно стандартам ISO и результатах анализа масла.

## Вязкость

Вязкость — самое важное свойство смазочного материала. Она разделяет поверхности машины, которые вращаются, находятся под нагрузкой или действием других факторов. Изменение вязкости всего на 15% в любую сторону может привести к неисправности или серьезному износу машины.

Вязкость измеряется при 40 °С, если не поступают иные требования. Смазочные моторные масла часто испытываются при 100 °С. Поскольку вязкость изменяется с температурой, следует всегда указывать, при какой температуре измерялась вязкость.

**Абсолютная/динамическая вязкость (сП)** измеряется как сопротивление, оказываемое при перемещении цилиндра в емкости с маслом (подогретым до 40 или 100 °С). Абсолютная/динамическая вязкость (сП) определяется через 5 минут помешивания с выбранной скоростью при определенной температуре.

**Кинематическая вязкость (сСт)** вычисляется путем деления динамической вязкости на плотность масла. Кинематическую вязкость также можно измерить с помощью «U-образной» калиброванной стеклянной трубки — вискозиметра.

Следует учитывать, что стандартом DIN 51519 допускается отклонение вязкости на 10%, то есть вязкость масла ISO VG 320 может составлять 288—352 сСт.

Для определения индекса вязкости значения кинематической вязкости при 40 °С и 100 °С наносятся на вязкостно-температурные номограммы для жидких нефтепродуктов (ASTM D 341).

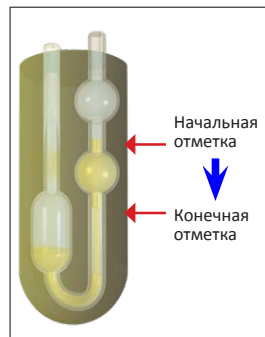
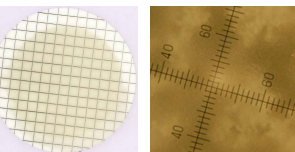


Рис. 13.  
Вискозиметр измеряет кинематическую вязкость (сСт)

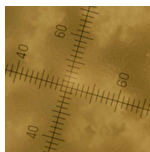


Рис. 14.  
Оборудование для определения динамической вязкости (сП)

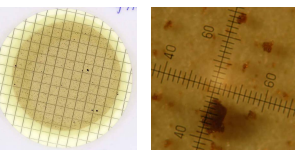
## Подсчет частиц



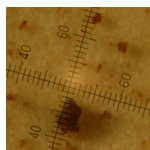
ISO 11/10/6



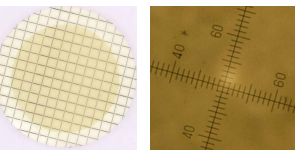
Поскольку загрязнение масла твердыми частицами является одной из основных причин поломок машин, необходимо контролировать уровень твердых загрязнителей. Метод кодирования уровня загрязнения твердыми частицами по ISO 4406/1999 представляет собой систему классификации, в которой на основе числа частиц определяется класс ISO. Это не метод испытания.



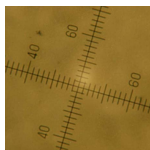
ISO 18/17/15



Для подсчета частиц чаще всего используют следующие методы испытания:



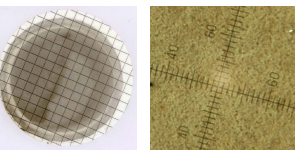
ISO 13/12/7



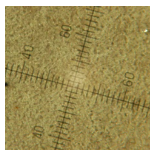
### Автоматический подсчет частиц (по ISO 11500)

Уровень загрязнения жидкой пробы определяется путем автоматического подсчета частиц с использованием принципа затухания света.

Автоматические счетчики частиц:  $\geq 4$ ,  $\geq 6$  и  $\geq 14$  мкм (некоторые типы подсчитывают более крупные частицы)



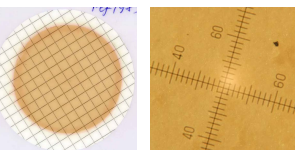
ISO 20/18/13



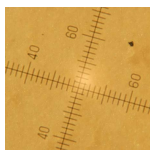
### Ручной подсчет частиц (по ISO 4407)

Частицы подсчитываются вручную с помощью мембран (с размером пор 1,5 мкм) и оптического микроскопа.

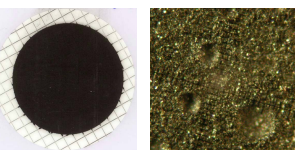
Размер частиц при ручном подсчете:  $\geq 2$ ,  $\geq 5$  и  $\geq 15$  мкм



ISO 15/13/8



Согласно ISO 4407 число частиц размером 5 и 15 мкм эквивалентно числу частиц размером 6 и 14 мкм при использовании автоматического счетчика частиц, откалиброванного в соответствии с ISO 11171.



ISO 24/23/20

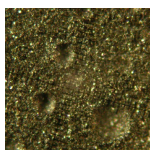


Рис. 15.  
Контрольные мембраны  
и микрофотографии  
различных уровней  
загрязнения

## Классификационная таблица ISO

Стандартная проба новой партии масла содержит на каждые 100 мл:

450 000 частиц  $\geq 4$  мкм  
120 000 частиц  $\geq 6$  мкм  
14 000 частиц  $\geq 14$  мкм

В классификационной таблице ISO (справа) проба масла имеет класс загрязнения 19/17/14.

Некоторые лаборатории указывают количество частиц на миллилитр, а не на 100 мл (в основном в США).

Примечание: классификация ISO представляет собой логарифмическую шкалу, то есть удвоение числа частиц приводит к повышению на один класс ISO.

Количество частиц разных размеров на 100 мл жидкости		
Более	До	Класс ISO
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
<b>250 000</b>	<b>500 000</b>	<b>19</b>
130 000	250 000	18
<b>64 000</b>	<b>130 000</b>	<b>17</b>
32 000	64 000	16
16 000	32 000	15
<b>8000</b>	<b>16 000</b>	<b>14</b>
4000	8000	13
2000	4000	12
1000	2000	11
500	1000	10
250	500	9
130	250	8
64	130	7
32	64	6

Рис. 16. Классы загрязнения по стандарту ISO 4406/1999

### Классы AS / NAS

Американский стандарт NAS 1638 изменен на AS4059 (изд. E) и значительно улучшен, поскольку содержит общие количества частиц (>X мкм), а не отдельных диапазонов (X—Y мкм), устанавливает новый более чистый класс 000 и включает в подсчет меньшие частицы (>4 мкм) для большей чувствительности.

Корреляционные таблицы позволяют сравнить ISO с AS/NAS или другими методами подсчета частиц.

Размер	Максимальные пределы загрязнения (частиц на 100 мл)				
	>1 мкм	>5 мкм	>15 мкм	>25 мкм	>50 мкм
ISO 4402 *	>1 мкм	>5 мкм	>15 мкм	>25 мкм	>50 мкм
ISO 11171 **	>4 мкм(с)	>6 мкм(с)	>14 мкм(с)	>21 мкм(с)	>38 мкм(с)
Код размера	A	B	C	D	E
Класс 000	195	76	14	3	1
Класс 00	390	152	27	5	1
Класс 0	780	304	54	10	2
Класс 1	1560	609	109	20	4
Класс 2	3120	1220	217	39	7
Класс 3	6520	2430	432	76	13
Класс 4	12 500	4860	864	152	26
Класс 5	25 000	9730	1730	306	53
Класс 6	50 000	19 500	3460	612	106
Класс 7	100 000	38 900	6920	1220	212
Класс 8	200 000	77 900	13 900	2450	424
Класс 9	400 000	156 000	27 700	4900	848
Класс 10	800 000	311 000	55 400	9800	1700
Класс 11	1 600 000	623 000	111 000	19 600	3390
Класс 12	3 200 000	1 250 000	222 000	39 200	6780

\* ISO 4402 или оптический микроскоп.

Размер частиц по наибольшей длине

\*\* ISO 11171 или электронный микроскоп. Размер частиц по эквивалентному диаметру проекции поверхности

Рис. 17. Система кодирования чистоты AS4059

## Оценка числа частиц и срока службы машины

На рис. 28 на с. 46 приведена таблица продления срока службы. В ней указано, на сколько увеличивается срок службы при повышении уровня чистоты масла. Каждый сектор представляет тип машины:

- в верхнем левом секторе приведены данные для гидравлических узлов и дизельных двигателей
- в верхнем правом секторе приведены данные для подшипников качения
- в нижнем левом секторе приведены данные для машин с подшипниками скольжения, таких как турбины и турбомашин
- в нижнем правом секторе приведены данные для передаточных механизмов и других узлов, которые не относятся к другим секторам

Если, например, если масло в редукторе имеет текущий уровень чистоты ISO 22/20/17 и его очистили до уровня ISO 16/14/11, то можно ожидать **увеличения срока службы передаточного механизма в 2,5 раза**. Целевой уровень чистоты следует определить для каждой системы, заполненной маслом. Это позволит обеспечить надежность с минимальными расходами.

На рис. 18 указаны рекомендуемые уровни чистоты ISO в масляных и топливных системах. Новое масло обычно имеет уровень загрязнения частицами до ISO 19/17/14.

Код ISO	NAS 1638	Описание	Применение	Загрязнений в год
ISO 14/12/10	NAS 3	Очень чистое масло	Все масляные системы	7,5 кг *
ISO 16/14/11	NAS 5	Чистое масло	Системы автоматического регулирования и гидравлика высокого давления	17 кг *
ISO 17/15/12	NAS 6	Слегка загрязненное масло	Стандартные гидравлические и смазочные системы	36 кг *
ISO 19/17/14	NAS 8	Новое масло	Системы низкого и среднего давления	144 кг *
ISO 22/20/17	NAS 11	Сильно загрязненное масло	Не подходит для масляных систем	> 589 кг *

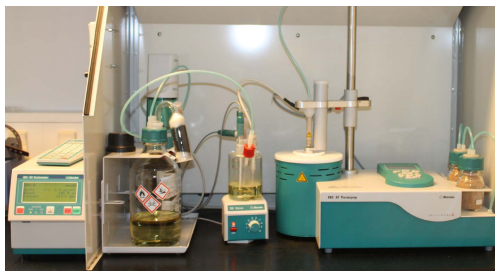
Рис. 18. Справочник по загрязнению для **масляных и топливных систем**

\*) Количество загрязнений, проходящих через насос в год, при расходе масла 200 л/мин, 18 часов в день, 340 рабочих дней в год.

## Уровень влажности

Большинство лабораторий с испытания на наличие воды, которое называется **испытанием на потрескивание**. В нем каплю проверяемого смазочного материала капают на горячую поверхность (160 °С). Влага в масле испаряется, потрескивая. Это испытание указывает на наличие воды в масле, при этом отсутствие потрескивания означает, что содержание воды в проверяемом масле составляет менее 0,1% (1000 млн-1). Если испытание на потрескивание указывает на наличие влаги, необходим более точный метод испытаний.

**Титрование по методу Карла Фишера (КФ)** выявляет вплоть до 10 млн-1 влаги в масле (ASTM D 6304) и основан на реакции йода с водой в реактиве Карла Фишера. Йод получается электролитическим путем на аноде и вступает в реакцию с водой в пробе. Йод расходуется, пока в масле присутствует вода, и избыток йода указывает на завершение титрования. На основе этого принципа вода определяется напрямую по количеству электричества, необходимого для электролиза.



Определение наличия воды по методу КФ может быть объемным или кулонометрическим, прямым или косвенным. Результат выражается в млн-1.

Прямое титрование по методу КФ не рекомендуется для масел с большим содержанием присадок, так как

возможны побочные реакции с реактивом КФ, что может исказить в большую сторону показания содержания воды.

Косвенное титрование по методу КФ в печи выполняется путем пропускания струи горячего воздуха через подогретую пробу. Высвобождающаяся влага передается

Рис. 19.  
Оборудование,  
используемое в косвенном  
титровании по методу  
Карла Фишера

## Кислотное и щелочное числа

**Кислотное число (КЧ/ОКЧ)** указывает на уровень кислотности в промышленных смазочных материалах, например в гидравлических и редукторных маслах. КЧ определяются титрованием и выражаются в виде количества гидроксида калия (KOH), необходимого для нейтрализации кислоты в одном грамме масла, согласно ASTM D 664. Измеряется в мг KOH/г.

Повышение КЧ обычно указывает на разложение масла (образование лака). Уровень КЧ может быть изначально высоким, например 1 мг KOH/г, из-за содержания в новом масле определенных присадок, таких как сера. Поэтому для контроля повышения КЧ в используемом масле важно знать исходные показатели свежего масла.

Эмпирическое правило:

**Уровень предупреждения:** КЧ нового масла + 0,5 мг KOH/г

**Критический уровень:** КЧ нового масла + 1,0 мг KOH/г

**Щелочное число (ЩЧ/ОЩЧ)** моторных смазочных масел измеряется, поскольку они содержат присадки (моющие/вязкостные комплексы), используемые для нейтрализации кислоты, образующейся как побочный продукт процесса сгорания, например серной кислоты.

Для поддержания приемлемого уровня нейтрализующих кислоту присадок осуществляется контроль ЩЧ. Титрование с гидроксидом калия дает показание в мг KOH/г.

Эмпирическое правило:

**Уровень предупреждения:**

ЩЧ нового масла минус 50%

**Критический уровень:**

ЩЧ нового масла минус 70%



Рис. 20.  
Оборудование для определения кислотности



## Элементный анализ

**Атомно-эмиссионная спектроскопия (АЭС)** используется для определения уровня элементов присадок, металлических частиц износа и загрязнений в масле. Большое значение имеет тенденция, поэтому необходимо обязательно использовать исходные данные о комплексе присадок в новом масле.

Принцип действия:

При перегреве пробы масла и его элементы превращаются в «лампочки», испускающие атомное излучение. Это излучение анализируется для определения присутствующих длин волны и интенсивности. Каждая длина волны соответствует определенному химическому элементу (например, железу), а интенсивность отражает концентрацию (выражается в млн-1). Концентрация химического элемента/металла отражает как мелкие частицы, так и растворенные металлы в масле.



Рис. 21.  
Иллюстрация  
ИСП.  
Источник:  
Noria Corp

**Стандартные методы:**

### Индуктивно-связанная плазма (ИСП) (по ASTM D 5185).

Проба распыляется до состояния аэрозоля. На плазму попадают очень маленькие капли размером 3—5 мкм. Следовательно, частицы износа крупнее 5 мкм невозможно обнаружить этим методом.

### Вращающийся дисковый электрод (ВДЭ) (по ASTM D 6595).

Масло выпаривается и подвергается высоковольтному разряду между электродом и вращающимся углеродным диском. ВДЭ обнаруживает элементы размером до 10 мкм и определяет их количество.



Рис. 22.

ВДЭ часто применяется для анализа масла, однако не позволяет обнаруживать частицы крупнее 5—10 мкм из-за необходимости выпаривания пробы. Для обнаружения крупных обломков износа зубчатых механизмов (адгезионный износ) потребуются провести другие испытания. Наличие более крупных частиц износа можно контролировать с помощью подсчета частиц, а также путем определения концентрации железных или магнитных частиц в масле.

## Журнал анализа масла

Пример анализа гидравлического масла, включающего исходные показатели масла, уровни предупреждения и критические уровни

Журнал анализа масла			
Параметр	Исходные показатели	Уровень предупреждения	Критический уровень
Число частиц ISO 4406	15/13/10 (предварительно профильтрованное)	17/15/12	19/17/15
Вязкость, сСт	32	низкий 29 высокий 35	низкий 25 высокий 38
Кислотное число (КЧ), мг КОН/г	0,5	1,0—1,5	выше 1,5
Влага (КФ), млн-1	100	200—300	выше 300
Химические элементы, млн-1 Fe	7	10—15	выше 15
Al	2	20—30	выше 30
Si	5	10—15	выше 15
Cu	5	30—40	выше 40
P	300	220	150 или меньше
Zn	200	150	100 или меньше
Окисление (Фурье-ИКС)	1	5	выше 10
Концентрация железных частиц (PQ, WPC, DR)	-	15	выше 20

Рис. 23.  
Пример  
журнала  
анализа  
масла

## Испытание на наличие лака

Многие типы анализа могут указывать на разложение масла, например повышение кислотного числа (ОКЧ) и вязкости, но в компании C.C.JENSEN установили, что следующие типы испытаний дают очень подробное описание проблемы образования лака:

### **1. Мембранная колориметрия (МК) (по ASTM D 7843)**

позволяет определить наличие шлама, смол или лака в масле по изменению цвета белого целлюлозного диска (с порами 0,45 мкм). Это указывает на наличие растворенных продуктов разложения масла, которые могут или не могут привести к образованию лака на узлах машины (в зависимости от температуры масла). Цвет отложений на мембране измеряют спектрофотометром. Чем темнее цвет и выше число (обычно до 100), тем больше вероятность образования лаковых отложений в масле. Испытание МК разработано для турбинных масел и не рекомендуется для масел с сильным загрязнением твердыми частицами, так как твердые частицы могут придать мембране цвет, соответствующий наличию лака в масле, хотя его там может и не быть.

**2. Инфракрасная спектроскопия с использованием преобразования Фурье (Фурье-ИКС) (по ASTM E 2412).** Спектры Фурье-ИКС формируются путем измерения степени поглощения инфракрасного излучения в области 4000—500 см<sup>-1</sup> при пропускании инфракрасного света через пробу масла. Это недорогой анализ, позволяющий выявить разложение масла/лак и другие загрязнители, такие как гликоль, топливо, нагар, неправильный тип масла и пр.

Продукты разложения масла, такие как альдегиды, кетоны и карбоновая кислота, содержат двойные углерод-кислородные связи (карбонильные группы). Эти карбонильные группы поглощают инфракрасное излучение в области 1740 см<sup>-1</sup> инфракрасных спектров. С усилением разложения масла пик поглощения вырастет в этой области. Указанное выше значение может отличаться для разных видов масла, присадок,

типа разложения и прочих факторов. Термическое разложение базового масла незначительно в области 1740 см<sup>-1</sup>, однако пик наблюдается в диапазоне 1640—1600 см<sup>-1</sup> (пик нитрования).

Как и большинство других типов анализа, Фурье-ИКС наиболее полезна при контроле тенденции.

**3. Испытание в ультрацентрифуге (УЦ)** состоит в отделении веществ-предшественников шлама и лака под воздействием центробежной силы, которая направляет их на дно пробирки. Затем плотность/размер концентрата сравнивается с графической оценочной шкалой осаджений, по которой определяется оценка от 1 до 8 (наихудшая оценка — 8).

Испытание в УЦ указывает на фактическое наличие лака и нерастворимых загрязнителей в масле. Признаки разложения масла, выявленные в этом испытании, приведут к отложению лака на узлах системы.

Испытание в УЦ не рекомендуется при сильном загрязнении масла твердыми частицами, так как это исказит результаты и для жидкостей на основе эфира, и для жидкостей на основе гликоля, поскольку в этом типе испытаний на результат влияет удельная плотность. Испытание в УЦ и МК помогают инициировать принятие мер, таких как установка фильтра или замена масла.

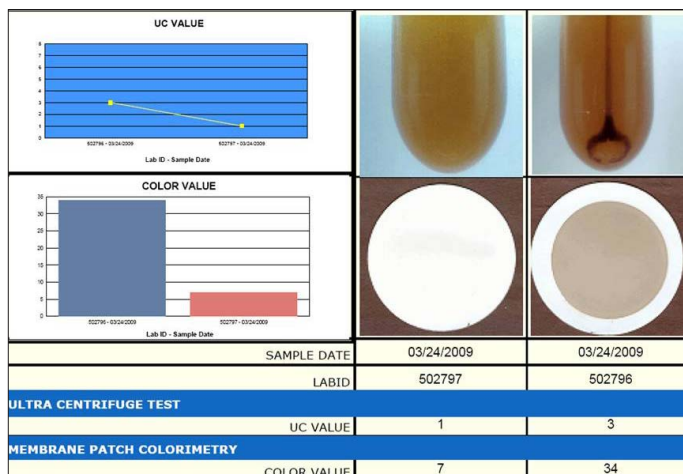


Рис. 24. Результаты анализа УЦ и МК

## Методы очистки масла

Используется ряд методов очистки масла:

Метод	Тип очистки
Целлюлозный фильтр контура очистки масла	Уменьшает содержание твердых частиц, воды и продуктов разложения масла. Для снижения кислотности можно добавить ионообменную среду.
Стекловолоконный нагнетательный фильтр	Уменьшает содержание твердых частиц.
Электростатический фильтр	Уменьшает содержание твердых частиц и продуктов разложения масла.
Центробежный сепаратор	Уменьшает содержание твердых частиц с плотностью, выше, чем у масла, а также содержание воды.
Вакуумный фильтр	Уменьшает содержание воздуха и воды.

Рис. 25. Методы очистки масла

Все указанные выше технологии коммерчески доступны. Однако предпочтение обычно отдают стекловолоконному нагнетательному фильтру и целлюлозному фильтру контура очистки масла из-за их более высокой эффективности и экономичности. Оба этих метода фильтрования наиболее эффективны при постоянных условиях, то есть при постоянных значениях расхода и давления.

Целлюлозный глубинный фильтр часто помещают в отдельный автономный контур, также называемый контуром очистки масла, и при таких стабильных условиях он задерживает большинство загрязнителей масла. Стекловолоконный нагнетательный фильтр можно установить в контур охлаждения масла или на участке до масляной системы в качестве фильтра «последнего шанса».

### Типы фильтров

Для максимально эффективного улавливания и удержания мелких частиц, а также воды и лака устанавливается фильтр контура очистки масла. Он должен работать непрерывно, пропуская весь объем масла в системе несколько раз в день. Поскольку в контуре низкое давление и невысокий расход, можно выбрать плотный фильтрующий материал для тонкой фильтрации (< 3 мкм).

**Целлюлозный фильтр контура очистки масла** подобен лабиринту, в котором масло проходит через ряд слоев целлюлозы. Самые крупные частицы задерживаются на поверхности фильтрующего элемента, в то время как меньшие частицы проходят внутрь фильтрующего элемента и задерживаются фильтрующим материалом, что обеспечивает высокий объем фильтруемых элементов. Фильтр такого типа можно установить в перепускной контур, снижающий давление насоса системы.

Использование целлюлозного фильтра контура очистки масла также позволяет удалить из масла воду путем поглощения или присоединения, а также удалить продукты разложения масла, такие как шлам или лак.

Лак можно удалить из масляной системы с помощью моющих/вязкостных присадок, но предварительно следует очистить масло от твердых частиц, воды и шлама.

Поскольку шлам и лак выпадают в осадок в холодном масле, обычно в диапазоне 10—40 °С, высокую эффективность демонстрирует охлаждение масла в контуре очистки в сочетании с использованием целлюлозного глубинного фильтра.

Фильтры контура очистки масла СJS™ удаляют продукты разложения масла, такие как шлам и лак, путем полярного притяжения к фильтрующему материалу. В результате адсорбции и абсорбции каждое целлюлозное волокно заполняется продуктами разложения масла, пока фильтрующий элемент не забьется полностью. Фильтрующие элементы СJS™ могут удерживать до 4 кг лака, в зависимости от типа фильтрующего элемента.

**Обычные линейные нагнетательные фильтры** обычно имеют стекловолоконный фильтрующий материал, так как они должны работать под высоким давлением и с большим расходом, создавая как можно меньше препятствий. Используется гофрированный фильтрующий элемент для увеличения площади поверхности и снижения перепада давления.

Поскольку такие фильтры устанавливаются после главного насоса системы, они обычно работают в тяжелом режиме с циклической нагрузкой, многочисленными пусками и остановами, что сильно сказывается на эффективности любого фильтра. Это очень усложняет улавливание и удержание мелкодисперсных частиц, поэтому степень фильтрации у большинства линейных фильтров составляет 10—30 мкм. Однако большинство уже задержанных частиц освободятся снова, когда фильтр подвергнется очередному гидравлическому удару при останове/пуске.

Стекловолоконный нагнетательный фильтр способен удалять только твердые частицы и, из-за сравнительно небольших глубины и объема, имеет ограниченный объем фильтруемых загрязнителей.

*См. иллюстрации на с. 34—35.*

В современных масляных системах как правило используются две системы очистки: фильтр контура очистки масла удаляет загрязнение, а линейный нагнетательный фильтр

# 4 Методы очистки масла

## Стекловолоконный нагнетательный фильтр

Уплотнительное кольцо  
корпуса фильтрующего  
элемента

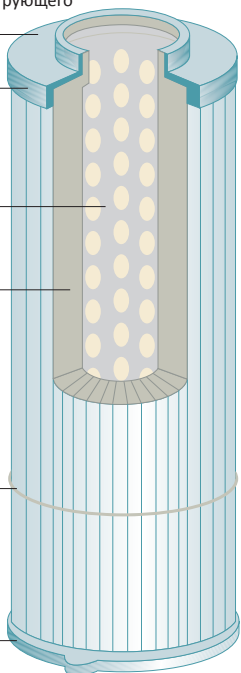
Уплотнение  
крышки

Сетка

Опора  
фильтрующей  
среды

Лента,  
фиксирующая  
гофр

Крышка



Фильтрующий  
элемент

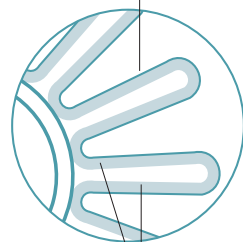
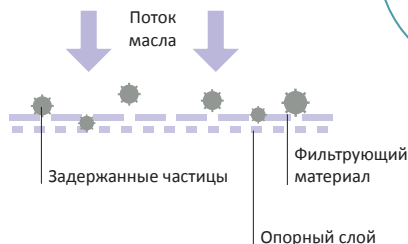
Отфильтрованное  
масло возвращается  
в контур

Неотфильтрованное  
масло поступает под  
высоким давлением

Опорный  
слой

Наружный корпус  
фильтра

Принцип действия



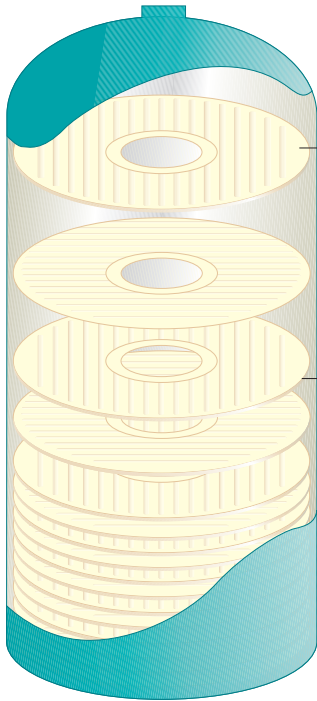
Слой  
фильтрующего  
материала

Нагнетательные фильтры имеют ограниченный объем фильтруемых загрязнителей, обычно от 1 до 100 г, что приводит к частым заменам фильтрующего элемента для эффективной фильтрации.

Степень фильтрации у линейных нагнетательных фильтров обычно составляет 5—50 мкм.

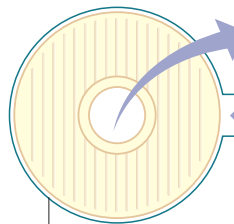
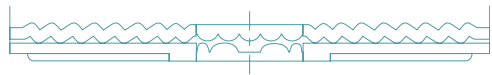
Обычные стекловолоконные линейные нагнетательные фильтры не поглощают воду и не задерживают продукты разложения масла, такие как шлам и лак.

## Целлюлозный фильтр контура очистки масла



### Фильтрующий элемент

Состоит из гофрированных дисков из древесной целлюлозы, повернутых на 90° по отношению друг к другу и склеенных. В результате получается стопка соединенных поверхностей с перпендикулярными складками.



Отфильтрованное масло  
возвращается в контур

Неотфильтрованное масло  
поступает под давлением

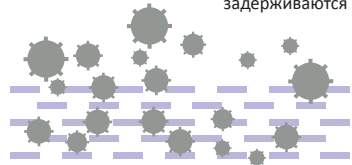
Корпус фильтра

Фильтр контура очистки масла СИС™ имеет большой объем фильтруемых загрязнителей около 4 л твердых веществ, до 2 л воды и 4 л продуктов разложения масла (лака). Фильтры контура очистки масла СИС™ обычно требуют замены каждые 12 месяцев.

Фильтр контура очистки масла СИС™ эффективно отфильтровывает из масла твердые частицы вплоть до 3 мкм и удаляет воду и продукты разложения масла (продукты окисления, смолу, шлам и лак), постоянно очищая узлы машины и всю масляную систему.

### Принцип действия

Частицы проходят  
через лабиринт  
фильтра и  
задерживаются





## Определения фильтрования

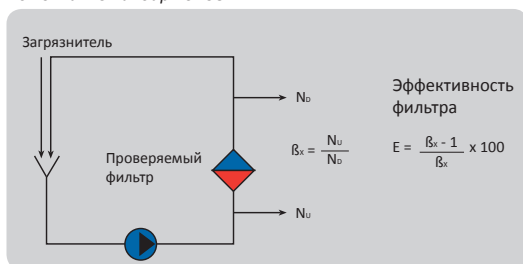
**Номинальная степень фильтрации** — это расчетные значения, указывающие диапазон размеров частиц, в котором фильтр удаляет определенный процент загрязнений. Этот параметр не регламентируется стандартами, поэтому невозможно сравнить разные товары/марки. Эффективность удержания загрязнений в фильтрах с номинальной степенью фильтрации будет зависеть от рабочего давления и концентрации загрязнителей.

**Абсолютная степень фильтрации** — это размер пор, указывающий наибольший размер частиц, которые могут проходить через фильтр. Фильтр должен пройти стандартное испытание. Целлюлозный фильтр контура очистки масла обычно имеет степень фильтрации 3 мкм или меньше. Степень фильтрации стекловолоконного нагнетательного фильтра определяется требованиями защищаемых узлов системы.

**Бета-значение** — это эффективность фильтрации частиц определенного размера. Значение записывается как  $\beta_x$ , где  $x$  — соответствующий размер частиц,  $\beta$  — эффективность, например:  $\beta_3 = 200$  означает, что одна из 200 частиц размером 3 мкм будет проходить через фильтр (0,5% проходит и 99,5% задерживается за один проход). Для определения бета-значения используется испытание по методу многократного пропускания согласно ISO 16889. Бета-значение вычисляется по следующей формуле.

Рис. 26. Испытание по методу многократного пропускания  
Источник: Стандарты ISO

$$\beta_x = \frac{\text{число частиц на входе } > x (N_U)}{\text{число частиц на выходе } > x (N_D)}$$



Испытание проводится в контролируемых лабораторных условиях без учета сложностей, которым будет подвергаться линейный нагнетательный фильтр в большинстве масляных систем, таких как воздушные пузырьки, вибрации, колебания давления при пуске/останове и пр.

**Объем фильтруемых загрязнителей** — это количество грязи, задерживаемое фильтрующим элементом при достижении давления насыщения. Этот показатель выражается в единицах массы или объема. Эксплуатационные расходы за определенный период времени в наибольшей мере зависят от количества загрязнителей, которое фильтрующий элемент способен удерживать.

Большинство обычных гофрированных фильтрующих элементов нагнетательного фильтра могут удерживать менее 100 г грязи, тем не менее их замена обходится недорого. Однако, если вычислить стоимость удаления 1 кг загрязнений из масла, эти обычные фильтрующие элементы нагнетательного фильтра сразу перестанут казаться дешевыми.

Хороший высококачественный целлюлозный фильтр контура очистки масла может удерживать до нескольких килограммов грязи, поэтому при высокой цене фильтрующего элемента стоимость удаления одного килограмма грязи будет значительно ниже, чем у гофрированного нагнетательного фильтра, а значит, ниже будут и расходы за весь срок эксплуатации.

### Стоимость удаления 1 кг грязи

$\frac{\text{Стоимость фильтрующего элемента}}{\text{Объем фильтруемых загрязнителей}} = \text{стоимость удаления 1 кг грязи}$

	Пример 1	Пример 2
Тип фильтра	Стекловолоконный нагнетательный фильтр	Целлюлозный фильтр контура очистки масла
Стоимость фильтрующего элемента	35 € / 50 \$	200 € / 300 \$
Объем фильтруемых загрязнителей	0,085 кг	4 кг
Стоимость удаления 1 кг грязи	<b>412 € / 278 \$</b>	<b>50 € / 40 \$</b>

**Перепускной клапан в фильтрах** — это предохранительное устройство, снижающее давление при слишком высоком перепаде давления на фильтре. Весь поток масла перепускается через клапан, либо часть потока проходит через фильтр. Пропускающий перепускной клапан существенно ухудшает значение эффективности фильтра. (Рис. 27).

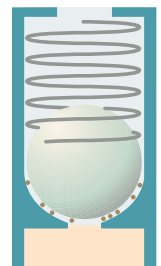


Рис. 27.  
Перепускной клапан

## Методы установки

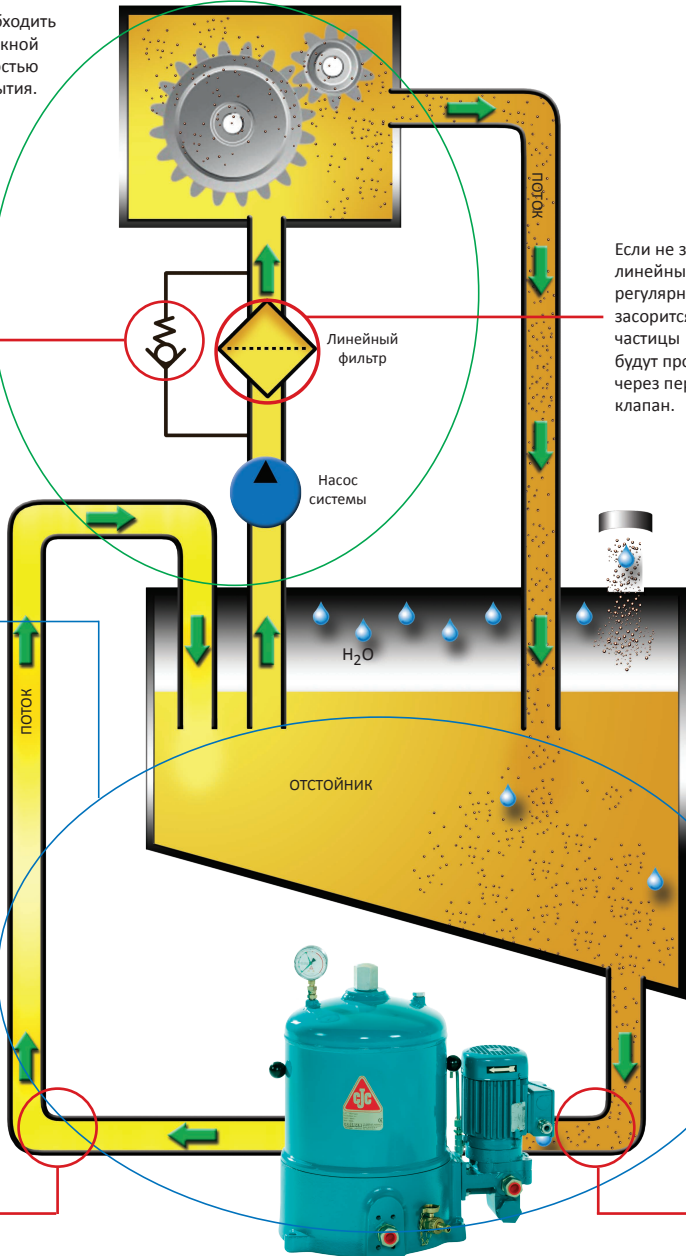
### **Фильтрация полного потока (в основной масляной магистрали)**

Через фильтр проходит полный поток системы. В этом случае применяются только нагнетательные фильтры.

### **Фильтрация в контуре очистки масла**

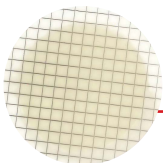
Фильтр устанавливается в отдельный автономный контур, что позволяет использовать плотные фильтрующие элементы.

Загрязнители могут обходить фильтр, когда перепускной клапан не может полностью закрыться после открытия.

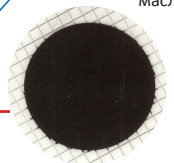


Если не заменять линейный фильтр регулярно, он засорится и твердые частицы будут проходить через перепускной клапан.

Мембрана ультратонкой фильтрации. Проба, взятая после фильтра контура очистки масла.



Загрязненная мембрана ультратонкой фильтрации. Проба, взятая перед фильтром контура очистки масла.



## ЭКОНОМИЯ

Перед вложением средств в систему фильтрации следует проанализировать затраты и результаты. Затраты можно разделить на две группы:

- **Затраты на покупку:** затраты, напрямую связанные с покупкой системы фильтрации, то есть стоимость покупки и монтажа.
- **Эксплуатационные затраты:** затраты на поддержание системы фильтрации в рабочем состоянии, то есть на замену фильтрующих элементов, энергию и ремонт.

**Затраты на покупку + эксплуатационные затраты  
= общий объем капиталовложений**

Общий объем капиталовложений должен быть ниже суммы, сэкономленной благодаря очистке масла.

- **Экономия:** сокращение расходов на техническое обслуживание, минимизация потерь производственного времени, увеличение интервала между обслуживаниями, продление срока службы масла и узлов и пр.

Как правило, **срок окупаемости** фильтра контура очистки масла СИС™ составляет от нескольких недель до нескольких месяцев, но редко превышает один год. В отраслях, где простой дорого обходится, например в производстве стали, инвестиции могут окупиться за несколько часов. То есть, если улучшение состояния масла увеличило время бесперебойной работы, к примеру, всего на 3 часа, система фильтрации уже окупилась. Поскольку эксплуатационные расходы на систему фильтрации тоже влияют на общий объем капиталовложений, следует учитывать объем фильтруемых загрязнителей, то есть сколько грязи может удерживать фильтр. Большинство нагнетательных фильтров способны удерживать менее сотни граммов грязи, поэтому их придется заменять чаще, чем высококачественный целлюлозный фильтр контура очистки масла, способный удерживать несколько килограммов грязи. Стоимость удаления одного килограмма грязи является хорошим показателем для сравнения разных марок фильтров и выбора фильтра, требующего наименьших эксплуатационных расходов (общего объема капиталовложений).

*Расчет стоимости удаления одного килограмма грязи см. на с. 37.*

## Заказ системы фильтрации

Предложение любого поставщика системы фильтрации должно содержать следующие сведения:

- Эксплуатационные расходы на фильтр за период не менее 5 лет (электроэнергия, фильтрующие элементы, запасные части и пр.)
- Достижимый уровень чистоты гидравлической системы (например, ISO 17/15/12 и 200 млн-1 воды)
- Процедура контроля, позволяющая проверить достижение требуемого уровня чистоты (например, пробы масла)

### Определение параметров фильтра контура очистки масла

Для определения параметров фильтра контура очистки масла следует сообщить следующие основные сведения о масляной системе:

- Объем масла в системе (емкость бака)
- Тип масла (ISO VG)
- Температура масла: Нормальная рабочая и минимальная температуры (окружающей среды)
- Проблема загрязнения масла:
  - твердые частицы
  - продукты разложения масла, шлам и лак
  - вода (поступление или аккумуляция)
- Тип применения (в помещении/чистых условиях, на открытом воздухе/грязных условиях, сильное загрязнение извне и пр.)
- Время работы машины в день
- Доступный источник питания

Эта информация поможет вашему местному дистрибьютору подобрать правильный масляный фильтр CJS™ для вашей масляной системы.

Помимо постоянного фильтрования масла в машинах, маслосборниках и цистернах, фильтры контура очистки масла CJS™ можно также использовать заливки и доливки

## Системы обслуживания масла CJС™

### Фильтр тонкой очистки HDU CJС™



- Обезвоженное масло с ограниченным содержанием воды (накапливающейся со временем)
- Гидравлические, смазочные и редукторные масла, а также EAL, гликоли и жидкости на основе эфира
- Задерживает твердые частицы и лак
- Удаление воды путем абсорбции (воды в несвязанном состоянии, в виде эмульсии и растворенной воды)
- Снижение уровня кислотности с использованием ионообменных элементов



### Фильтр-сепаратор PTU CJС™

- Загрязненное водой масло и дизель
- Гидравлические, смазочные и редукторные масла — до ISO VG 150
- Задерживает твердые частицы и лак
- Несвязанная вода удаляется путем отделения (присоединения)
- Подходит для масла с хорошей способностью отделяться от воды (кроме моторных масел, жидкостей на основе эфира и пр.)



### Десорбционные аппараты CJС™

- Загрязненное водой масло, даже с сильными эмульсиями
- Гидравлические, смазочные и редукторные масла — до ISO VG 1000 (в зависимости от типа десорбционного аппарата)
- Удаляют воду в несвязанном состоянии, в виде эмульсии и растворенную воду
- Подходят для большинства масел, даже для моторных масел и бумагоделательных машин, EAL и пр.

Десорбционные аппараты CJС™ не задерживают твердые частицы и лак, для удаления которых рекомендуется установить отдельный фильтр тонкой очистки HDU CJС™.



### Узел удаления лака CJС™

- Обезвоженное масло с ограниченным содержанием воды
- Очень эффективно задерживает лак
- Подходит для систем с интенсивным образованием лака, таких как газовые турбины

## Обращение с маслом и масляными системами

### Новое масло в емкостях

- Новое масло следует считать загрязненным, пока не проанализирована проба
- Масло содержит присадки, необходимые для нейтрализации предполагаемых загрязнений
- Новое масло должно всегда добавляться в систему через фильтр, желательно со степенью фильтрации 3 мкм
- Нельзя смешивать масла, предварительно не проверив их совместимость
- Смазочные материалы должны храниться в закрытых емкостях во избежание попадания в них загрязнителей

### Масло в системе

- Следует регулярно проверять масло во время эксплуатации для своевременного появления воды, воздуха или других загрязнителей. В этом поможет контрольный образец свежего масла
- Следует проверять масло после возникновения неисправностей машины или других инцидентов, способных повлиять на масло
- Следует соблюдать максимальную чистоту и точность при отборе проб
- Системы должны быть максимально герметичными. Все постоянные отверстия должны быть оборудованы вентиляционными фильтрами (желательно дыхательными клапанами с осушителями). Все системы должны быть оборудованы стационарными фильтровальными установками
- При замене масла следует полностью опорожнить бак и систему, очистить бак вручную от осадка, шлама и пр. (этого можно избежать, установив фильтры контура очистки масла СТС™)
- Для замены уплотнителей следует использовать только маслостойкие материалы. Необходимо проверить совместимость с маслом.
- Нельзя добавлять новые присадки, не проконсультировавшись поставщиком/консультантом. Следует попросить письменное подтверждение рекомендуемых мер
- Следует пользоваться независимыми источниками анализа с высоким уровнем контроля качества и воспроизводимости



## Рекомендации по покупке масла

Покупая масло крупными партиями, покупатели вправе устанавливать определенные требования для гарантии качества.

Ниже приведены примеры требований и проверок качества масла с акцентом на чистоте масла.

### Акты проверки и контрольная проба

Покупателю должны быть представлены результаты проверки масла из партии. Проба отбирается при заполнении емкости первой партией масла. На пробах указывается товарный знак, номер и размер партии. Масло должно быть проанализировано в независимой лаборатории, и анализ должен содержать данные, описанные в разделе, посвященном анализу масла, в этом буклете.

### Претензии

Если поставленное масло не отвечает требованиям, возможен возврат партии. Если проблему можно исправить, должны быть утверждены новые пробы. Все расходы, в том числе из-за сбоев и простоя оборудования, возмещает поставщик.

## Отбор пробы нового масла

Пробы должны отбираться из каждой произведенной партии. Анализируется представительная проба произведенной партии. Протоколы испытания должны быть доступны покупателю в течение как минимум пяти лет.

Сертификат анализа поставляется вместе с заказанным маслом и включает в себя как минимум следующие пункты:

- Визуальный осмотр
- Вязкость при 40 °С
- Плотность
- Общее кислотное число готовой продукции
- Время отделения воздушных пузырьков
- Загрязнения, код чистоты масла по гравиметрическому методу или ISO

Для масел, предназначенных для ветровых турбин, можно включить пенообразование при 50 °С.

Масло поставляется автоцистернами, в бочках с эпоксидным покрытием или 20-литровых канистрах. Покупатель должен указывать тип емкости при каждом заказе отдельно. Должны использоваться емкости высшего качества, обычно используемые в торговле маслом. На емкости должны быть указаны данные о роде деятельности покупателя, торговое обозначение поставщика, состав содержимого и порядковый номер партии.

## Приложение

Таблица продления срока службы. Уровень чистоты, коды ISO																				
	21/19/16		20/18/15		19/17/14		18/16/13		17/15/11		16/14/11		15/13/10		14/12/9		13/11/8		12/10/7	
24/22/19	2	1,6	3	2	4	2,5	6	3	7	3,5	8	4	>10	5	>10	6	>10	7	>10	>10
	1,8	1,3	2,3	1,7	3	2	3,5	2,5	4,5	3	5,5	3,5	7	4	8	5	10	5,5	>10	8,5
23/21/18	1,5	1,5	2	1,7	3	2	4	2,5	5	3	7	3,5	9	4	>10	5	>10	7	>10	10
	1,5	1,3	1,8	1,4	2,2	1,6	3	2	3,5	2,5	4,5	3	5	3,5	7	4	9	5,5	10	8
22/20/17	1,3	1,2	1,6	1,5	2	1,7	3	2	4	2,5	5	3	7	4	9	5	>10	7	>10	9
	1,2	1,05	1,5	1,3	1,8	1,4	2,3	1,7	3	2	3,5	2,5	5	3	6	4	8	5,5	10	7
21/19/16			1,3	1,2	1,6	1,5	2	1,7	3	2	4	2,5	5	3	7	4	9	6	>10	8
			1,2	1,1	1,5	1,3	1,8	1,5	2,2	1,7	3	2	3,5	2,5	5	3,5	7	4,5	9	6
20/18/15					1,3	1,2	1,6	1,5	2	1,7	3	2	4	2,5	5	3	7	4,6	>10	6
					1,2	1,1	1,5	1,3	1,8	1,5	2,3	1,7	3	2	3,5	2,5	5,5	3,7	8	5
19/17/14							1,3	1,2	1,6	1,5	2	1,7	3	2	4	2,5	6	3	8	5
							1,2	1,1	1,5	1,3	1,8	1,5	2,3	1,7	3	2	4	2,5	6	3,5
18/16/13									1,3	1,2	1,6	1,5	2	1,7	3	2	4	3,5	6	4
									1,2	1,1	1,5	1,3	1,8	1,5	2,3	1,8	3,7	3	4,5	3,5
17/15/12			Гидравлика и дизельные двигатели		Подшипники качения						1,3	1,2	1,6	1,5	2	1,7	3	2	4	2,5
											1,2	1,1	1,5	1,4	1,8	1,5	2,3	1,8	3	2,2
16/14/11			Подшипники скольжения и турбомашины		Передаточные механизмы								1,3	1,3	1,6	1,6	2	1,8	3	2
													1,3	1,2	1,6	1,4	1,9	1,5	2,3	1,8
15/13/10															1,4	1,2	1,8	1,5	2,5	1,8
															1,2	1,1	1,6	1,3	2	1,6

Рис. 28. Таблица продления срока службы, уровень чистоты — см. пример на с. 25

Метод продления срока службы. Уровень влажности									
Текущий уровень влажности, млн-1	Коэффициент продления срока службы								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
50 000	12 500	6500	4500	3125	2500	2000	1500	1000	782
25 000	6250	3250	2250	1563	1250	1000	750	500	391
10 000	2500	1300	900	625	500	400	300	200	156
5000	1250	650	450	313	250	200	150	100	78
2500	625	325	225	156	125	100	75	50	39
1000	250	130	90	63	50	40	30	20	16
500	125	65	45	31	25	20	15	10	8
260	63	33	23	16	13	10	8	5	4
100	25	13	9	6	5	4	3	2	2
1% воды = 10 000 млн-1.   Расчетное продление срока службы для механических систем, в которых используются минеральные жидкости									
Пример: При снижении средних уровней влажности с 2500 до 156 млн-1 среднее время безотказной работы машины увеличивается в 5 раз									

Рис. 29. Метод продления срока службы, уровень влажности

# Указатель

Абсолютная/динамическая вязкость .....	21	Объем фильтруемых загрязнителей .....	37
Абсолютная степень фильтрации .....	36	Обращение с маслом и масляными системами .....	43
Автоматический подсчет частиц (ISO 11500) .....	22	Окисление .....	13
Акты проверки и контрольная проба .....	44	Определение параметров фильтра контура очистки масла .....	41
Атомно-эмиссионная спектроскопия (АЭС) .....	28	Определения фильтрация .....	36
Бета-значения .....	36	Отбор проб масла .....	15
Введение .....	3	Отчеты об анализе .....	19
Вода в виде эмульсии .....	11	Отбор проб масла, вакуумный насос .....	18
Вращающийся дисковый электрод (ВДЭ) .....	28	Отбор проб масла, место .....	15
Вязкость .....	21	Отбор проб масла, порядок действий .....	16
Динамическая масляная пленка .....	8	Отбор пробы нового масла .....	45
Журнал анализа масла .....	29	Оценка числа частиц и срока службы машины .....	25
Загрязнение водой .....	10	Перепускной клапан в фильтрах .....	37
Загрязнение кислотой .....	14	Подсчет частиц .....	22
Загрязнение твердыми частицами .....	8	Порядок отбора пробы масла .....	16
Заказ системы фильтрации .....	41	Претензии .....	44
Износ в масляных системах .....	7	Приложение .....	46
Испытание в ультрацентрифуге (УЦ) .....	31	Разложение масла .....	13
Испытание на наличие лака .....	30	Растворенная вода .....	11
Индуктивно-связанная плазма (ИСП) .....	28	Рекомендации по покупке масла .....	44
Инфракрасная спектроскопия с использованием преобразования Фурье (Фурье-ИК) .....	30	Рекомендации по покупке масла .....	44
Кинематическая вязкость .....	21	Ручной подсчет частиц (ISO 4407) .....	22
Кинематическая вязкость .....	21	Системы обслуживания масла .....	42
Кислотное и щелочное числа .....	27	Системы обслуживания масла СИС™ .....	2
Классификационная таблица ISO .....	23	Стекловолоконный нагнетательный фильтр .....	34
Классы AS / NAS .....	24	Типы фильтров .....	32
Классы NAS .....	24	Титрование по методу Карла Фишера .....	26
Колориметрическая проба (КП) .....	30	Уровень влажности .....	26
Контроль загрязнения масла .....	7	Фильтрование в контуре очистки масла .....	38
Контроль загрязнения масла .....	7	Фильтр контура очистки масла, целлюлозный .....	35
Лак .....	13	Фильтрование полного потока (в основной масляной магистрали) .....	38
Масло в системе .....	43	Целлюлозный фильтр контура очистки масла .....	35
Методы и периодичность анализа .....	20	Щелочное число .....	27
Методы очистки масла .....	32	Шлам .....	13
Методы установки .....	38	Экономия .....	40
Нагнетательный фильтр .....	34	Элементный анализ .....	28
Несвязанная вода .....	11	Этикетка для пробы масла .....	17
Новое масло в емкостях .....	43		
Новое масло, отбор пробы .....	45		
Номинальная степень фильтрации .....	36		