

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный университет»

Факультет «Механико-технологический»
Кафедра «Гидравлика и гидропневмосистемы»

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент

_____ 2017 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

_____ / Е.К. Спиридонов
_____ 2017 г.

СИСТЕМЫ ЭКСПРЕСС КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ РАБО-
ЧИХ ЖИДКОСТЕЙ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–15.04.02.2017.102. ПЗ ВКР

Руководитель НИР, доцент, к.т.н.

_____ С.Н.Редников
_____ 2017 г.

Автор НИР

студент группы П-266

_____ Р.Е. Утегалиев
_____ 2017 г.

Нормоконтролер, доцент, к.т.н.

_____ А.В. Подзерко
_____ 2017 г.

Челябинск 2017

АННОТАЦИЯ

Утегалиев Р.Е.,
Системы экспресс контроля
состояния рабочих жидкостей
Челябинск: ЮУрГУ, П - 266,
78 с., 16 табл., 35 рис. , библиогр.
список – 17наим.

Ключевые слова: рабочие жидкости, вязкость, экспресс контроль, масло, капельная проба, загрязненность.

Объектом исследования являются рабочие жидкости.

Предметом исследования является экспресс анализ контроля состояния рабочих жидкостей.

Цель работы – разработать схему экспресс контроля и портативные приборы для диагностики состояния рабочих жидкостей.

Для достижения цели работы были решены следующие задачи:

1. Изучены свойства и классификация рабочих жидкостей, а также рассмотрены места их применения;
2. Проанализированы и описаны существующие методы испытания рабочих жидкостей;
3. Разработаны экспресс методы и проведены испытания рабочих жидкостей.

Оглавление

1.Состояние вопроса. 8

					ЮУрГУ-15.04.02.102.2017 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

1.1	Функции рабочих жидкостей.....	8
1.2	Требования к рабочим жидкостям.....	9
1.3	Виды рабочих жидкостей.....	10
1.4	Классификация рабочих жидкостей.....	12
2.	Методика и средства контроля рабочей жидкости.....	18
2.1	Контроль вязкости.....	19
2.1	Контроль загрязненности.....	25
2.3.	Контроль водосодержания.....	40
2.4.	Контроль химической стабильности.....	44
2.5.	Контроль точки потери текучести.....	49
3.	Испытания рабочих жидкостей экспресс методом.....	52
3.1	Контроль по загрязненности методом капельной пробы.....	54
3.2	Контроль по водосодержанию.....	58
3.3	Контроль по вязкости.....	61
3.4	Контроль по химической стабильности.....	65
3.5	Контроль по точки потери текучести.....	68
4.	Оценка и разработка схемы контроля рабочих жидкостей.....	70
8.	Заключение.....	76
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	77

1.Состояние вопроса.

Потребность в современном распознавании состояния систем и агрегатов, составляющих современную технику, с целью эффективного ее использования при эксплуатации, обусловила появление нового направления- диагностики, включающей широкий круг вопросов, связанных с получением и оценкой диагностической информации.

В настоящее время технические системы требуют совершенных способов решения насущных проблем таких как: повышения безопасности производства, надежности агрегатов и их качества, уменьшение стоимости эксплуатации, а также расходов на ремонт. В связи со сложностью решаемых задач необходим индивидуальный метод к каждому из решаемых вопросов.

В данной работе исследуемым объектом является рабочая жидкость, диагностика которого является крайне необходимым инструментом для раннего обнаружения проблемы, имеющую потенциальную опасность для агрегатов, а также для эффективного проведения тех. обслуживания систем в целом. Так по результатам одного из нефтехимических предприятий, своевременная диагностика и контроль состояния рабочих масел снизило затраты на эксплуатацию оборудования на 25%. Опираясь на исследования надежности и долговечности технических систем, необходимо разработать эффективный и простой метод экспресс контроля рабочей жидкости.

1.1Функции рабочих жидкостей.

В гидроприводах рабочим телом, с помощью которого энергия от ее источника передается исполнительным механизмам, приводящим в действие технологическое оборудование, является жидкость. Будучи энергоносителем, рабочая жидкость выполняет целый ряд других, не менее важных функций, обеспечивающих нормальную работу, как отдельных элементов гидравлических приводов, так и системы в целом:

					<i>ЮУрГУ-15.04.02.102.2017 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		8

- Снижать износ пар трения, т.е повышать ресурс (долговечность) пар трения в механизмах машин;
- Вымывать (удалять) продукты износа с поверхностей трения ,т.е повышать ресурс (долговечность) пар трения;
- Отводить тепло от поверхностей трения, т.е повышать их долговечность и безотказность;
- Защищать поверхности деталей механизмов машин от коррозии, т.е повышать ресурс, безотказность и улучшать условия работы.
- Снижать трение или потери энергии на трение, т.е повышать КПД пар трения или снижать энергопотребление;
- Обеспечить герметичность (гидравлическую плотность) щелевых уплотнений, т.е обеспечивать требуемый объемный КПД гидравлических агрегатов

1.2 Требования к рабочим жидкостям.

Выполнение рабочей жидкостью такого многообразия функций возможно только при ее соответствии целому ряду требований (рис.1):

- Хорошая смазывающая способность;
- Химическая стабильность в течение длительного времени (устойчивость к старению);
- Хорошие противоизносные свойства;
- Хорошая теплопроводность;
- Нейтральность к материалам гидроэлементов и уплотнений;
- Малая токсичность жидкости и ее паров (экологическая чистота);
- Высокая температура кипения и низкая температура замерзания;
- Высокая устойчивость к воспламенению (пожаробезопасность);
- Малая склонность к пенообразованию;
- Малая способность к поглощению влаги и воздуха;

					ЮУрГУ-15.04.02.102.2017 ПЗ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- Возможность регенерации начальных свойств;

Невыполнение данных требований приводит к различным сбоям в функционировании гидропривода. В частности плохие смазочные или антикоррозийные свойства приводят к уменьшению срока службы гидропривода; неоптимальная вязкость или её слишком большая зависимость от режимов работы гидропривода снижают общий КПД системы. Оптимальная и долговечная работа гидропривода определяется в равной мере как правильностью выбора марки рабочей жидкости при конструировании, так и грамотной эксплуатацией привода.

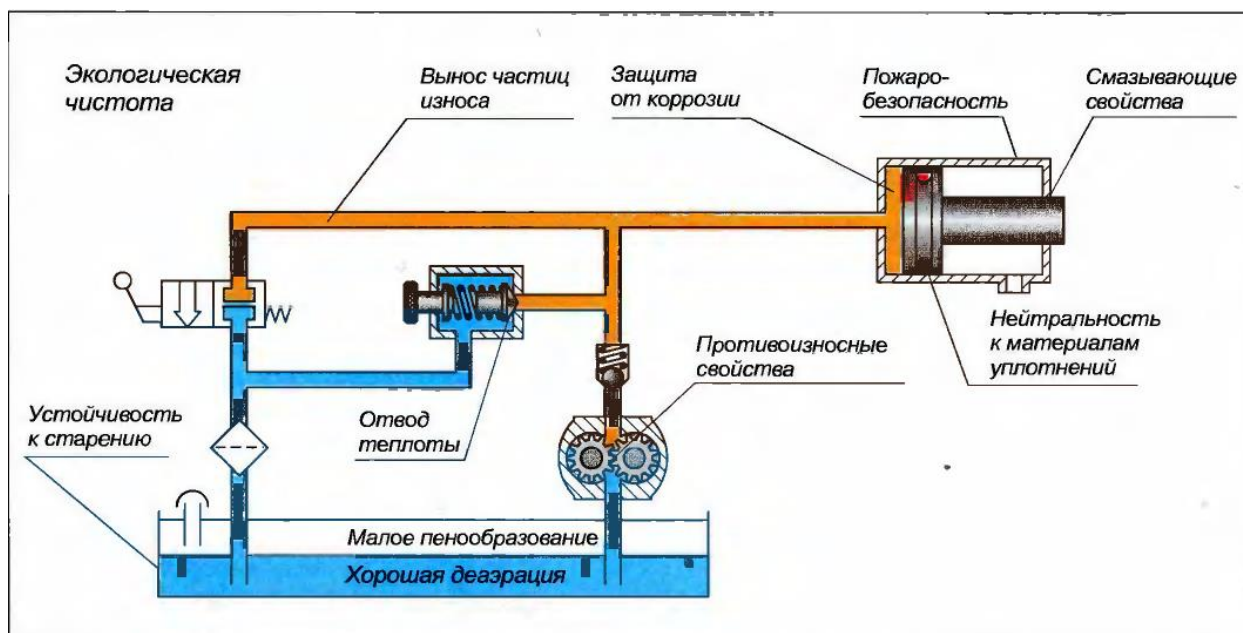


Рисунок 1. Требования к гидравлическим жидкостям.

1.3 Виды рабочих жидкостей.

В определенной мере указанные свойства рабочих жидкостей обуславливаются свойствами исходного сырья или базового масла, а требуемый уровень достигается путем легирования основы.

По материалу основы смазки делятся на:

Минеральные — в их основе лежат углеводороды, продукты переработки нефти

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Синтетические — получают путём синтеза из органического и неорганического (например, силиконовые смазки) сырья

Органические — имеют природное происхождение.

Большинство минеральных масел (более 90%) получают путем переработки нефти, химический состав которой находится в довольно узких пределах:

Углерод С- 80-86%

Водород Н- 12-14%

Кислород О- 0,1-1,2%

Сера S- 0,01-4,5%

Азот N-0,02-0,7%

Число углеродных атомов в углеводородах, встречающихся в нефти, составляет от 1 до 50, причем простейшие представитель от метана до бутана в обычных условиях представляют собой газы, а углеводороды с числом атомов углерода более 15 является, как правило, твердыми веществами.

Технологический процесс переработки нефти с целью получения топлив и масел включает в себя этапы: подготовку нефти, первичную переработку (дистилляцию, прямую перегонку), вторичную переработку и очистку получаемых полуфабрикатов или продуктов.

Подготовка нефти к переработки обычно включает ее обезвоживание, обессоливание, выщелачивание, очистку от механических примесей. При прямой перегонке, т.е. разделении нефти на фракции в зависимости от температуры кипения тех или иных углеводородов, структура их молекул не изменяется, а разделение происходит в зависимости от испаряемости углеводородов, т.е. в зависимости от их физических свойств. Это возможно потому, что температура кипения нефтяных углеводородов практически пропорциональна их молекулярным массам. После выделения из нефти или продуктов ее вторичной переработки бензиновых, керосино-

					ЮУрГУ-15.04.02.102.2017 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

вых, газойлевых или соляровых фракций, остается мазут, который и является основным сырьем для получения масел.

Серьезным недостатком масел на нефтяной основе является их горючесть. Верхний температурный перед длительной работы масел на нефтяной основе составляет 80-90°C. Если гидропривод используется во взрывопожароопасных условиях (прокатное, литейное, ковочное, пресовое и.т.п. оборудование), то в нем бывает целесообразно использовать высокотемпературные синтетические или водосодержащие жидкости. Существует несколько классов синтетических жидкостей, из которых в гидроприводе используются следующие:

- Диэфиры- жидкости на основе сложных эфиров двухосновных кислот;
- Силоксаны- жидкости на основе сложных эфиров кремнийорганических полимеров;
- Фосфаты- жидкости на основе сложных эфиров фосфатной кислоты
- Водосодержащие жидкости- водно-гликолевые или водно-глицериновые жидкости;
- Фторорганические жидкости

Из всех синтетических жидкостей только фторорганические обладают полной негорючестью, исключительной химической инертностью и термической стабильностью.

1.4 Классификация рабочих жидкостей.

Определенная начальная информация о назначении и свойствах масел и рекомендации по их применению в тех или иных механизмах зачастую включена в их марку в виде кодов (символов) классов или групп действующих классификаций.

В настоящее время масла классифицируются:

					ЮУрГУ-15.04.02.102.2017 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

- По преимущественным областям их назначения и применения;
- По вязкости
- По эксплуатационным свойствам

Так по назначению все масла подразделяются на следующие основные группы: индустриальные, специальные рабочие жидкости для гидросистем, моторные, трансмиссионные, турбинные, трансформаторные, цилиндрические, вакуумные.

Так индустриальное масло по ГОСТ 17479.4 имеет следующую классификацию:

1. По применению (табл. 1)

Таблица 1. Применение индустриального масла.

Группа(код)		Область применения
ГОСТ	ISO	
Л	F	Легконагруженные узлы
Г	H	Гидравлические системы
Н	G	Направляющие скольжения
Т	C	Тяжелонагруженные узлы

2. По вязкости.

Классификация содержит 18 классов со значениями кинематической вязкости (ν_{40}) в диапазоне от 2 до 1500 мм²/с, представляющими геометрическую прогрессию с модулем 1,5:

2,3,5,7,10,15,22,32,46,68,100,150,220,320,460,680,1000,1500.

3. По эксплуатационным свойствам (табл.2)

Таблица 2. Эксплуатационные свойства индустриальных масел.

Подгруппа (код)	Состав	Область и условия применения

А	Минеральные масла без присадок	Условия работы агрегатов промышленного оборудования не предъявляют особых требований к свойствам масел
В	Масла типа А с антиокислительными и антикоррозионными присадками	Условия работы агрегатов предъявляют повышенные требования к антиокислительным и антикоррозионным свойствам масел
С	Масла типа В с противоизносными присадками	Для агрегатов оборудования, где имеются антифрикционные сплавы цветных металлов, и условия работы которых требуют повышенные антиокислительные, антикоррозионные и противозадирные свойства масел
Д	Масла типа С с противозадирными присадками	Условия работы агрегатов предъявляют повышенные требования к антиокислительным и антикоррозионным, противоизносным и противозадирным свойствам масел

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-15.04.02.102.2017 ПЗ

Лист

14

Е	Масла типа Д с противоскачковыми присадками	Условия работы агрегатов предъявляют повышенные требования к антиокислительным и антикоррозионным, противоизносным и противозадирным, а также адгезионным свойствам масел
---	---	---

4. По назначению и применению.(табл. 3)

Таблица 3. Классификация промышленных масел по назначению и применению.

№ п/п	Группа масел по назначению	Индекс марки масла	Область применения
1	Общего назначения	И	Смазка мало- и средненагруженных механизмов. Рабочая жидкость гидросистем
2	Для скоростных механизмов	ИГСП	Смазка мало- и средненагруженных механизмов с улучшенными противозадирными свойствами. Рабочая жидкость гидросистем
3	Для гидросистем промышленного оборудования	ИГП	Рабочая жидкость гидросистем с улучшенными антиокислительными, антикор., противоизносными свойствами,с

			повышенной влагостойкостью и низкой стойкостью к пенообразованию. Смазка для циркуляционных систем механических передач
4	Для гидросистем станочного оборудования и направляющих скольжения	ИГНСП	Рабочая жидкость гидросистем и смазка для направляющих скольжения при подаче масла из общего резервуара
5	Для направляющих скольжения	ИНСП	Смазка горизонтальных и вертикальных направляющих скольжения станков с противоскачковой присадкой при малых скоростях
6	Для зубчатых передач и червячных механизмов	ИРП ИТП	Смазка для средне- и высоконагруженных механизмов Смазка для тяжело-нагруженных механизмов, работающих при высокой температуре.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-15.04.02.102.2017 ПЗ

Лист

16

7	Специального назначения	Гидрол-7 ИМТ-160 ИЦП	Огнестойкая Рабочая жидкость гидросистем Смазка для тяжело-нагруженных механизмов Смазка для цепей, работающих при высокой температуре
---	-------------------------	------------------------------------	--

Для выбора масла, в конечном итоге, необходимо знать некоторые характеристики механизма:

- КПД механизма
- Температурно-силовой диапазон работы механизма на данном масле
- Ресурс, безотказность и ремонтпригодность механизма
- Ресурс масла в данном механизме

2.Методика и средства контроля рабочей жидкости

Контроль технического состояния рабочей жидкости является составной частью системы технического диагностирования гидравлических приводов. При этом из всего комплекса вопросов, связанных с диагностированием рабочей жидкости, целесообразно выделить два основных, имеющих большое практическое значение для обеспечения надежной эксплуатации гидравлических приводов:

- 1) Периодический контроль основных параметров, характеризующих техническое состояние рабочей жидкости, для оценки ее соответствия техническим требованиям;
- 2) Диагностирование гидравлического привода по параметрам рабочей жидкости.

Контроль качества изготовления рабочих жидкостей и изменения их технического состояния в процессе эксплуатации гидравлических приводов осуществляется на основании комплекса испытаний по стандартным методам.

При испытании каждой партии жидкости в обязательном порядке производится контроль на:

1. вязкость
2. загрязненность
3. точку потери текучести
4. химическую стабильность
5. водосодержание

Для гидравлических приводов необходимо осуществлять регулярный контроль для подтверждения соответствия их характеристик установлен-

					<i>ЮУрГУ-15.04.02.102.2017 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		18

ным. Так, для жидкостей проводится контрольный анализ с периодичностью раз в 3 месяца для определения изменения качества гидрожидкости по наименее стабильным характеристикам.

Отбор проб для анализов производится по ГОСТ 2517-85.

Кроме периодических анализов, большое значение имеет контроль качества рабочей жидкости перед ее заправкой для обеспечения заправки системы гидропривода рабочей жидкостью без воды и механических примесей.

При эксплуатации гидравлических приводов осуществляется регулярный контроль основных параметров.

2.1 Контроль вязкости

Вязкость — один из самых значимых критериев рабочих жидкостей с точки зрения ее работы в гидросистемах. Она характеризует свойства жидкости сопротивляться деформации сдвига или скольжению слоя, то есть вязкость определяет внутреннее трение жидкости. Вязкость обычно определяется взаимодействием молекул и является одной из основных постоянных рабочих жидкостей, которая легко поддается измерениям. Согласно гипотезе Ньютона, сила внутреннего трения, возникающая на поверхности двух близких слоев жидкости, пропорциональна угловой скорости сдвига и поверхности трения

$$T = \mu F \frac{dv}{dy},$$

, где T – силы внутренних трений

F – поверхность трения;

dv – приращение скорости;

$\frac{dv}{dy}$ – поперечный градиент скорости;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

μ – коэффициент внутреннего трения.

При эксплуатации в результате деструкции молекул и других факторов происходит снижение вязкости рабочей жидкости гидравлических систем приводов, что ухудшает ее смазывающую способность и может привести к повышенному изнашиванию сопряженных пар гидроагрегатов. В связи с этим для гидравлических систем приводов различного применения устанавливаются предельные минимальные значения вязкости рабочей жидкости, при достижении которых жидкость подлежит замене.

Для контроля кинематической вязкости рабочих жидкостей гидросистем применяют различные вискозиметры: капиллярные, ротационные, вибрационные. Наибольшее распространение находят капиллярные вискозиметры. Определение кинематической и расчет динамической вязкости масел на нефтяной основе производится в соответствии с ГОСТ 33-82. Для определения вязкости рабочей жидкости могут быть использованы также автоматические капиллярные вискозиметры ГОСТ 7163-84.

Сущность метода заключается в измерении времени истечения определенного объема испытываемой жидкости под влиянием силы тяжести.

Рассмотрим типы и принцип работы капиллярных вискозиметров из стекла с небольшим коэффициентом температурного расширения (например, боросиликатного), обеспечивающие заданную точность.

Принцип действия основан на подсчете времени протекания заданного объема жидкости через узкое отверстие или трубку, при заданной разнице давлений. Чаще всего жидкость из резервуара вытекает под действием собственного веса, в таком случае вязкость пропорциональна разнице давлений между жидкостью, вытекающей из капилляра и жидкостью на том же уровне, вытекающей из очень толстой трубки. Если течение жидкости в приборе осуществляется только под действием тяжести (например, в вискозиметре Уббелюде), то при работе капиллярного вискозиметра определяется кинематическая (не динамическая) вязкость. С по-

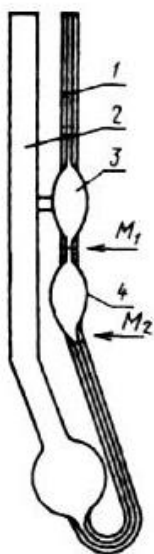
					ЮУрГУ-15.04.02.102.2017 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

мощью капиллярного вискозиметра измеряются вязкости от 10 мкПа·с (газы) до 10 кПа·с.

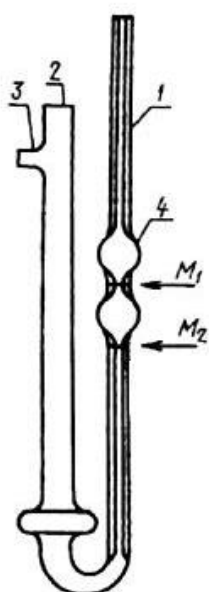
Вискозиметры Кэннон-Фенске (Cannon-Fenske) — одни из самых распространенных ввиду простоты и удобства работы. Предназначены для измерения кинематической вязкости прозрачных жидкостей (вискозиметры Кэннон-Фенске прямого тока) или непрозрачных жидкостей (вискозиметры Кэннон-Фенске обратного тока). Как правило размеры и константы вискозиметров прямого и обратного тока совпадают.

На рисунках 2,3 показаны различные типы капиллярных вискозиметров

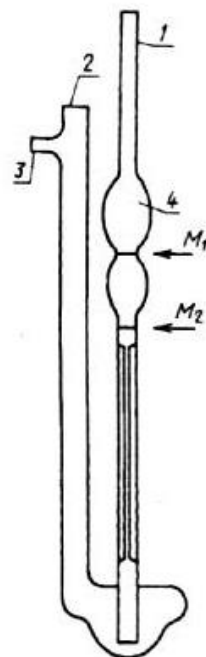
Вискозиметр типа Канон-Фенске



Вискозиметр типа ВПЖТ-4



Вискозиметр типа ВПЖТ-2



Вискозиметр типа ВПЖТ-1 (БС/ИП/СЛ)

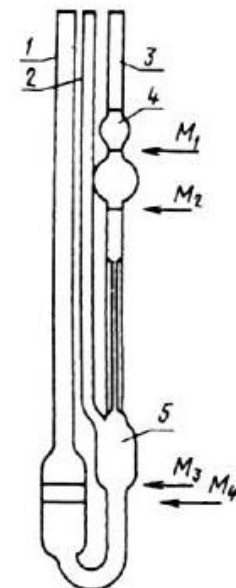
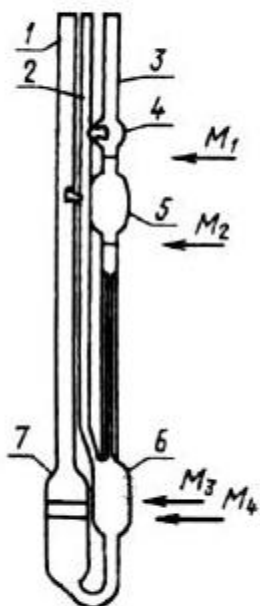


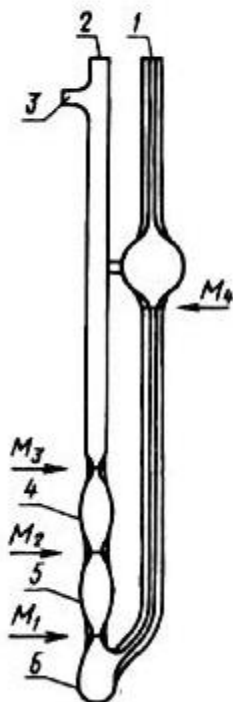
Рисунок 2. типы капиллярных вискозиметров

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Вискозиметр типа
Уббелоде



Вискозиметр типа
ВНЖТ (Канон-
Фенске-Опакв)



Вискозиметр
типа БС/ИП/РФ

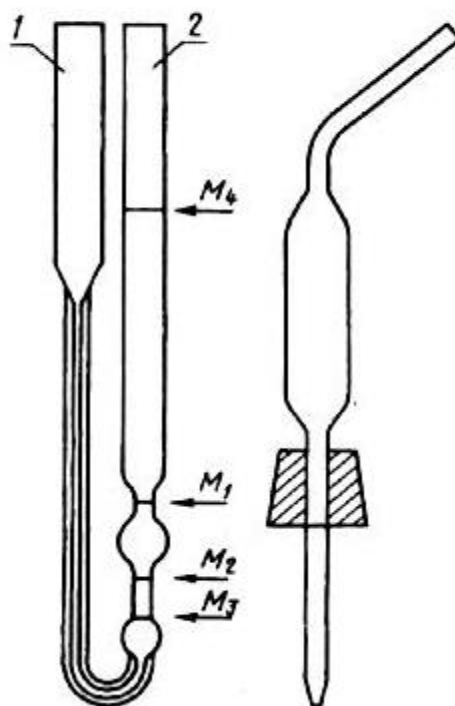


Рисунок 3. типы капиллярных вискозиметров

Для каждого диапазона вязкости необходимо иметь набор вискозиметров. Чтобы не было необходимости вносить поправки на кинетическую энергию, конструкция всех этих приборов рассчитана на минимальное время истечения 190 с.

Таблица 4. Диапазон вязкости для различного типа вискозиметров

Тип вискозиметра	Диапазон вязкости, мм ² / с
Вискозиметры типа Оствальда Канон-Фенске*	0,5-20000
ВНЖТ-4	0,6-10000
ВНЖТ-2	0,6-17000
Вискозиметры с висячим уровнем:	
ВНЖТ-1	0,6-30000 (3,5-100000)

Уббелоде	0,3-100000
Вискозиметры с обратным протоком (для прозрачных и непрозрачных жидкостей):	
ВНЖТ (Канон-Фенске-Опакв)	0,6-20000 (0,4-20000)
БС/ИП/РФ	0,6-300000

Также для измерения вязкости необходим:

- штатив для закрепления вискозиметров. Для проверки расположения по вертикали используют отвес.
- Термостат или баня вискозиметра. Для наполнения бани используют прозрачную жидкость, которая остается в жидком состоянии при температуре определения. В качестве бани используют любой прозрачный сосуд такой глубины, чтобы нефтепродукт, находящийся в вискозиметре, был погружен не менее чем на 15 мм ниже уровня жидкости в бане и не менее чем на 15 мм над дном бани.

Баня должна быть снабжена устройством, позволяющим изменять температуру жидкости в бане.

$\pm 0,01$ °С - при температуре от 20 до 100 °С;

$\pm 0,03$ °С - при температуре вне этого диапазона.

Для заполнения термостата применяют:

- спирт этиловый технический по ГОСТ 17299
- воду дистиллированную - для температуры от 20 до 60 °С;
- глицерин по ГОСТ 6824,

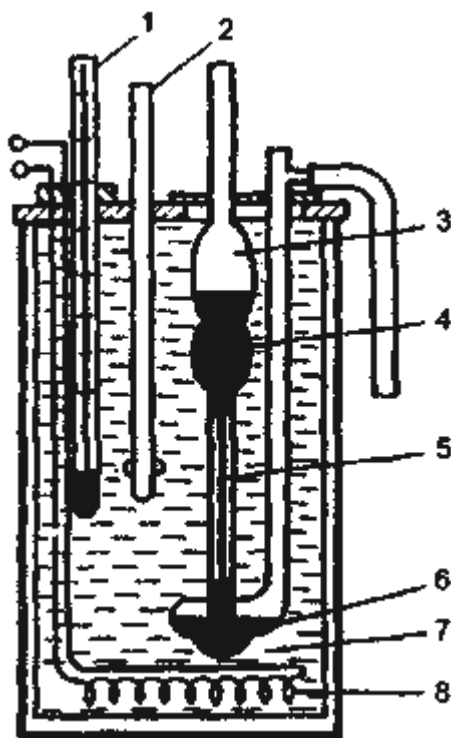


Рисунок 4. Прибор для определения вязкости нефтепродуктов

1 - термометр; 2 - мешалка; 3, 4, 6 - расширения вискозиметра; 5 – капилляр вискозиметра; 7 - термостат (баня); 8 – электроподогреватель

Кинематическую вязкость исследуемой рабочей жидкости в мм²/с определяют по формуле:

$$\nu = C \cdot \tau$$

где C – постоянная вискозиметра, мм²/с²;

τ – плотность, при которой определялась вязкость, г/см³

При использовании вискозиметров с обратным протоком следует провести не менее двух последовательных определений, расхождения между которыми не должны превышать 0,35% от среднего арифметического значения.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

В других случаях определения нужно повторить расчет динамической вязкости. Динамическую вязкость исследуемого нефтепродукта η в мПа · с определяют по формуле:

$$\eta = \nu \cdot \rho$$

где ν – кинематическая вязкость, мм²/с;

ρ – среднее время истечения жидкости в вискозиметре, с;

2.1 Контроль загрязненности

Чистота масла гидросистем регламентируется. Для оценки загрязнений масла используются такие показатели, как масса частиц загрязнений в единице объема жидкости, мг/л и % (массовая концентрация загрязненности по ГОСТу 63-70), количество частиц разных размеров загрязнений в единице объема жидкости (гранулометрический состав загрязненности, по ГОСТу 17216-71).

В ряде случаев используют и другие критерии по оценке загрязнений масла, например объем механических включений в единице объема жидкости в процентах, максимальное число частиц загрязнений определенных размеров.

Доказано, что массовая концентрация загрязнений масла не может достаточно полно характеризовать степень и опасность загрязнения. При одной и той же массовой концентрации в жидкости может быть разное сочетание мелких и крупных частиц загрязнений, которые по-разному влияют на работу сопряженных пар гидросистем. В настоящее время массовое применение получило нормирование допустимой загрязненности жидкости по грануло-метрическому составу- ГОСТ 17216-71. Этот стандарт устанавливает 17 классов чистоты жидкости, каждому из которых соответствует определенное число частиц различного размера, содержащихся в 100 см³ пробы жидкости. Классы чистоты представлены на рисунке 5.

					ЮУрГУ-15.04.02.102.2017 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

Классы чистоты жидкостей	Число частиц загрязнений в объеме жидкости $100 \pm 0,5 \text{ см}^3$ не более, при размере частиц, мкм									Масса загрязнений, %, 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	волоконна			
00	800	400	32	8	4	1	Отсутствие	А. О.	А. О.	Не нормируется		
0	1600	800	63	16	8	2		Отсутствие			А. О.	
1	Не нормируется	1600	125	32	16	3	Отсутствие		Отсутствие			
2		250	63	32	4	1		Отсутствие			Отсутствие	
3		125	63	8	2	Отсутствие	Отсутствие					
4		250	125	12	3			Отсутствие	Отсутствие			
5		500	250	25	4	1	Отсутствие				Отсутствие	
6		1000	500	50	6	2		1	0,0002			
7		2000	1000	100	12	4	2	0,0002				
8		4000	2000	200	25	6	3	0,0004				
9		8000	4000	400	50	12	4	0,0006				
10		16000	8000	800	100	25	5	0,0008				
11		31500	16000	1600	200	50	10	0,0016				
12		63000	31500	3150	400	100	20	0,0032				
13						63000	6300	800	200		40	0,005
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	0,063	

Рисунок 5. ГОСТ 17216. Классы чистоты жидкостей.

Каждой гидросистеме в зависимости от ее назначения и важности выполняемых функций назначается класс чистоты жидкости. При этом учитываются требования по надежности гидропривода и устанавливаемый срок службы. Нужно также отметить, что работоспособность и срок службы гидроагрегатов будут зависеть не только от гранулометрического состава загрязненности рабочей жидкости, но и от вида и твердости частиц загрязнения, зазоров в сопряженных парах агрегатов скорости взаимного перемещения деталей, твердости и шероховатости поверхностей, рабочего давления и температурного режима работы механизма.

Установлены следующие классы чистоты рабочей масел гидросистем: для авиационных гидросистем и отдельных агрегатов-8.. 9-й класс, для гидросистем строительно-дорожных машин, станочного оборудования, сельскохозяйственной техники, работающих при давлении- 16-25 МПа-12-13-й класс, для тех же систем, работающих при давлении 8 -14 МПа 14-15-й класс.

Работа гидропривода при больших давлениях повышает требования к чистоте рабочих жидкостей.

Если число частиц загрязнений в каждом размере не совпадает со значениями с ГОСТ 17216-71, то для определения класса чистоты жидкости ВНИИГ рекомендует использовать так называемый индекс загрязненности:

$$Z = \frac{1}{1000} (n_{5-10} 10 + n_{10-25} 25 + n_{25-50} 50 + n_{50-100} 100 + n_{100-200} 200 + n_{вол} 400),$$

где n_{5-10}, n_{10-25} – число подсчитанных частиц в объеме 100 см³пробы жидкости при размере частиц 5..10, 10..25 мкм и др.(ГОСТ 17216-71);

$n_{вол}$ – число подсчитанных волокон;

$\frac{1}{1000}$ – масштабный коэффициент.

Класс чистоты контролируемого масла определяется путем сравнения значения Z со значениями Z^* , подсчитанными по данным в ГОСТ 17216-71, для каждого класса чистоты от пятого до пятнадцатого:

Класс чистоты ГОСТ 17216-71.....	5	6	7	8	9	10
Индекс загрязненности Z^*	13	27	53	105	210	415
Класс чистоты ГОСТ 17216-71	11	12	13	14	15	
Индекс загрязненности Z^*	830	1645	3275	6520	13040	

При несовпадении расчетных данных Z с Z^* класс чистоты определяется по приведенному к ближайшему значению Z^* (в сторону увеличения).

В зависимости от применяемых критериев для оценки чистоты рабочего масла на практике используются следующие методы: визуальный метод контроля; контроль массовой концентрации загрязнений; гранулометрический метод контроля.

Одним из наиболее легких методов контроля чистоты рабочей жидкости является визуальный контроль. В этом случае через фильтр тонкой очистки пропускают определенный объем жидкости и затем тщательно осматривают поверхность фильтра. По обнаруженным загрязнениям на фильтре оценивают чистоту масла. Без применения оптических средств таким способом можно обнаружить частицы размером более 26 мкм. Применяется также оптический фильтр, в корпус которого ставится подсвечивающая лампа и линза с 4 или 10 кратным увеличением. С помощью оптического фильтра возможно обнаружить частицы загрязнений размерами 11-16 мкм.

Массовую долю механических примесей жидкости определяют по ГОСТ 6370-83 и ГОСТ 12275-66.

При определении загрязнений рабочих масел минерального происхождения контролируемую пробу масла (обычно $100 \pm 0,5$ г) разбавляют 2 или 4 объемом подогретого бензина или бензола и тщательно перемешивают. Затем производят фильтрацию масла через высушенный и взвешенный с точностью до 0,2 мг беззольный фильтр, установленный в воронке. После фильтрации фильтрованную бумагу с осадком промывают горячим бензином, помещают в стаканчик и высушивают в сушильном шкафу при температуре $100..105$ °С до тех пор, пока расхождения между двумя последовательным взвешиваниями будут не более 0,4 мг. Затем фильтр со стаканом взвешивают с точностью до 0,2 мг и определяют массовую концентрацию механических примесей:

$$X = \frac{m_1 - m_2}{m_3} \cdot 100\%$$

					ЮУрГУ-15.04.02.102.2017 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

где m_1 – масса стакана совместно с фильтром и осадком механических примесей, г;

m_2 – масса стакана с чистым фильтром, г;

m_3 – масса пробы контролируемой масла, г.

При анализе по ГОСТу 12275-66 в качестве контрольных используются фильтры мембранные и нитроцеллюлозные №4 и №5, имеющие средний размер пор 1,3 и 0,6 мкм .

Для определения органической и неорганической части загрязнений беззольный фильтр, через который пропускается контрольная проба масла, сжигается вместе с осевшими на нем загрязнениями. Неорганическую часть загрязнений определяют как разность общей концентрации загрязнений и концентрации органической части загрязнений.

В гидросистемах общепромышленного назначения рабочее масло считается чистым, если содержание загрязнений при анализе пробы (гост 6370-83) по массе не превышает 0,005%, что составляет 50 мг/л.

Стоит отметить, что описанный метод оценки массы механических примесей имеет недостатки. Часть небольших частиц, размер которых меньше размера пор, проходит через фильтр, и масса не поддается оценке. Также разбавление масла бензином или другими растворителями и последующая промывка фильтра бензином приводит к дополнительному загрязнению фильтра частицами, которые всегда имеются в растворителе, в результате чего меняется результат контроля.

Для определения гранулометрического состава загрязнений и класса чистоты масла обширно используются микроскопические методы контроля. Методы основаны на подсчете под микроскопом с 250-кратным или 500-кратным увеличением для каждого размерного промежутка (ГОСТ 17216-71) количества частиц загрязнений, оседающих из пробы жидкости на дно осадочного стакана или задержанных на поверхности нитроцеллюлозного мембранного фильтроэлемента.

									Лист
									29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ-15.04.02.102.2017 ПЗ				

При использовании 1-ого способа исследуемую пробу масла (обычно в объеме 200 см³) заливают в вымытый и обезжиренный стакан с плоским и прозрачным дном и прикрытый крышкой. Затем стакан с пробой масла ставят на отстой.

Время отстаивания масла зависит от его вязкости. Для минеральных масел с вязкостью $\nu_{50} = (10/30)10^{-6}$ м²/с время отстаивания масла составляет 5..10 часов и больше. Необходимо отметить, что на дно стакана осаждаются только частицы с большей, чем у исследуемого масла, плотностью, а смолистые выделения, ворсинки ветоши и частицы размера меньше 2 мкм практически не осаждаются.

В проходящем свете после фокусирования на предметном столе микроскопа осажденные частицы хорошо видимы и могут быть подсчитаны оператором либо сфотографированы. Для повышения точности и правильности подсчетов производят микрофотографирование полей загрязнений оседающих на дно стакана частиц. Применение микроскопов типа МИМ-7 или МИМ-8 при 500-кратном приближении позволяет определить частицы загрязнений с размерами 0,5...1,5 мкм.

Предложенный способ определения состава загрязнений имеет несколько недочетов, понижаемых его точность. Так, часто наблюдаемая коагуляция осевших на дно стакана частиц усложняет определение истинных размеров загрязнений. При большой концентрации загрязнений осевших на дно стакана загрязнения определить не представляется возможным. Для проведения анализа необходимо либо изменять высоту исследуемого масла, залитой в стакан, либо масло предварительно разбавляют тонким слоем фильтрованным бензином.

При использовании микрофотографического метода контроля масла субъективная погрешность оператора может достигать 100%, поэтому определение количества частиц в каждом размерном интервале с необходимой достоверностью может быть произведено на основе статистических методов, а именно при помощи регрессионного анализа.

Количество частиц загрязнений N_i каждой размерной групп, содержащейся в 100см^3 анализируемой пробы,

$$N_i = \frac{100 \sum_{i=1}^k n_i}{k \cdot V_i}$$

где n_i – количество частиц загрязнений определенной размерной группы на фото отдельных участках пробы;

k – число сфотографированных и обсчитанных участков осадка загрязнений;

V_i – объем анализируемой пробы масла, из которой выпали в осадок подсчитанные частица загрязнений, см^3 ;

Число сфотографированных участков пробы выбирают в зависимости от загрязнений масла и допустимой погрешности измерений. В работе проведены рекомендации по выбору нужного количества полей зрения микроскопа в зависимости от количества частиц в каждом размерном интервале и относительной погрешности измерений при доверительной вероятности $\alpha=0,9$.

Погрешности в измерениях гранулометрической характеристики загрязнения в рабочем масле контролируемого гидропривода зависит от метода отбора пробы и субъективных свойств оператора, осуществляющего подготовку к анализам и самих анализов. Приспособления и оснастка, применяемые при отборе проб, не являясь источником загрязнения, должны надежно предохранять пробу от загрязнения во время отбора ее при транспортировании и проведения анализов. Флакон для взятий проб не рекомендуют заполнять полностью, чтобы перед анализом масла можно было достаточно перемешать состав. В помещении, где осуществляется анализ пробы, должно поддерживаться избыточное давление $0,004..0,006$ МПа.

Если определение загрязнений масла проводят у эксплуатируемого гидропривода, то отборы проб следует проводить после 5 минутной прокачки системы с переключкой движимых частей привода. Перед анализом проба масла должна быть тщательно перемешана.

Доказано, что используемые в лабораториях предприятий микроскопические методы контроля является весьма трудоемким и затратным, поэтому все важнее становится проблема создания автоматических средств контроля гранулометрического состава рабочих жидкостей.

Так, находят применение телевизионные микроскопы типа МТ, которые используют серийно выпускаемые телевизионные установки ПТУ-30, ПТУ-40, ПТУ-44 и др. Ниже приведены основные технические характеристики телевизионных микроскопов МТ-2.

Таблица 5. Техническая характеристика микроскопа МТ-2

Объект контроля	Гранулометрический состав механических частиц, осажденных на мембранном фильтре
Базовый микроскоп	МБИ-6
Базовая телевизионная установка	ПТУ-30
Увеличение, крат.	1500
Поле зрения, мм	0,6 x 0,6
Размер частицы, мкм не менее	2
Размер	1300x650x1500

Для определения размера частиц загрязнения и их количества при помощи телевизионных микроскопов мембранный фильтр с отфильтрованными на нем частицами загрязнения ставится на предметный стол микроскопа. Изображение выводится на экран видео устройства, на который нанесена калиброванная сетка, с помощью которой определяют размер частиц. Число частиц подсчитывается визуальным методом; при

необходимости производится фотографирование полей зрения микроскопа.

Мембранный фильтр необходимо смотреть в проходящем и на отраженном свете. Для просмотра мембранного фильтра в проходящем свете его освещают спец. раствором (гексаном, диоксаном, дихлорэтаном), в парах ацетона. При освещении фильтры накладывают на прозрачное стекло частицами вниз, после высушивания осветленного фильтра частицы прочно консервируются между предметным стеклом и пленкой, в которую превращается мембранный фильтр.

Предметный стол, входящий в состав микроскопа МТ-2, осуществляет перемещение вручную, усложняющее процесс исследования оператора.

Дальнейшее совершенствование телевизионной установки для гранулометрического анализа загрязнения является использование спец. анализирующих приборов для автоматического процесса подсчета частиц загрязнений групп разного размера и сканирующих столиков с программным управлением от микропроцессора. В данной установке сканирование мембранных фильтров на телевизионном модуле достигается с помощью сканирующего столика по заранее разработанной программе. Данные обрабатываются при помощи анализатора изображения и вычислительных машин, далее данные выводят на дисплей, распечатывают на бланках протоколов измерений.

Использование телевизионных микроскопов в сочетании с вычислительной техникой для осуществления гранулометрического контроля чистоты масла позволяет уменьшить время контроля в 4 раза, увеличить точность результатов анализа и культуру производства.

Для увеличения точности и ускорения процессов контроля класса чистоты интенсивно разрабатывают автоматизированные счетчики. Большое распространение получили автоматические счетчики, в которых используется фотоэлектрический способ определения размеров и подсче-

та частиц загрязнений путем развертки исследованной пробы жидкости на широкую дорожку. На этом принципе строятся выпускаемые приборы контроля- анализаторы механических примесей.

Анализатор содержит проточную кювету состоящую из стекла, осветительную систему, образующую освещенную зону в виде узкой полоски света, фотодетектор, а также электронный блок обработки и регистрации сигналов. Принципиальная схема прибора показана на рисунке 6.

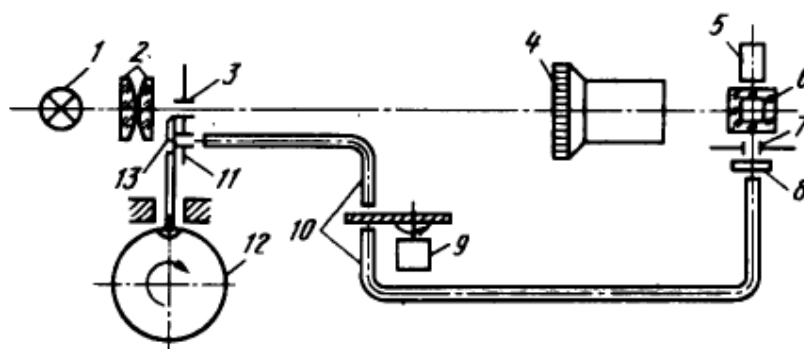


Рисунок 6. Анализатор механических примесей.

1-источник света;2-линза;3-диафрагма;4-объектив;5-фотодиод;
6-кювета;7,11-ограничивающие диафрагмы;8-нейтральный светофильтр;
9-модулятор;10-светопровод;12-электродвигатель.

Частицы загрязнения, взвешенные в исследуемом масле, при протекании его через проточную кювету в момент пересечения освещенной счетной зоны рассеивает импульсы света. Импульсы воспринимает фотодетектор и преобразуется их в электрические импульсы. С выхода фотодетектора электрические импульсы, после усиления поступают на вход амплитудного дифференциального анализатора. При этом электронный счетчик импульсов считывает только импульсы, амплитуда которых находится в промежутке между нижним и верхним уровнем дискриминации. В этом случае прибор регистрирует только те частицы определенной размерной группы, например от 10 до 25 мкм. Если изменить настройки счетчика анализатора, то будут регистрироваться частицы других размеров.

Таким образом, чтобы получить гранулометрический анализ загрязненного масла, нужно повторить проливку одной и той же пробы несколько раз, что является определенным недостатком прибора, так как при повторных проливках изменяется состав анализируемой пробы.

Анализатор позволяет производить подсчет частиц различных размерных групп от 10 до 500 мкм с погрешностью $\pm 15\%$. Время подсчета до 60 с. Предельно допустимое содержание частиц в жидкости при измерениях 1000 шт. в объеме 100 см³ пробы жидкости. Кинематическая вязкость контролируемой жидкости не должна превышать $\nu_{50} = (10/30)10^{-6}$ м²/с.

Если исследуемое масло имеет большую кинематическую вязкость или более высокий уровень загрязнений, то для анализа ее пробу нужно разбавить чистым бензином в пропорции, приведенной в инструкции по эксплуатации прибора.

На похожем принципе построена работа приборов контроля чистоты жидкостей типа ПКЖ.

Прибор ПКЖ позволяет осуществлять контроль чистоты жидкости отдельными пробами, а также легко может быть встроен в гидропривод для проведения экспресс контроля состояния масла в работающих системах при их промывке и заправке. Схема подключения прибора представлена на рисунке 7.

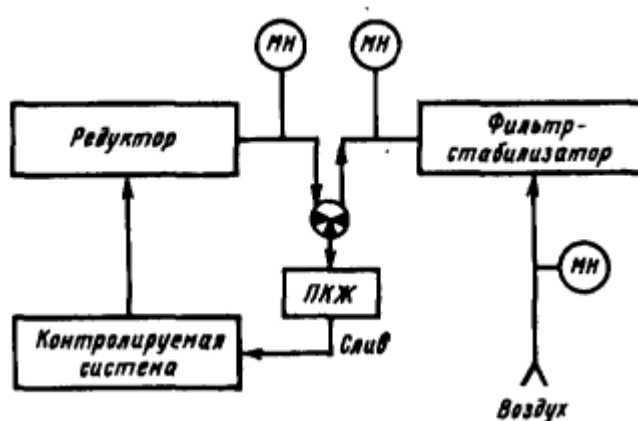


Рисунок 7. Схема подключения прибора ПКЖ в систему.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Недостатком такого контроля является большая погрешность измерения при наличии в потоке жидкости пузырей нерастворенного воздуха. Для увеличения точности контроля чистоты масла рекомендуется проводить в промежуточном отсеченном потоке (рис.8).

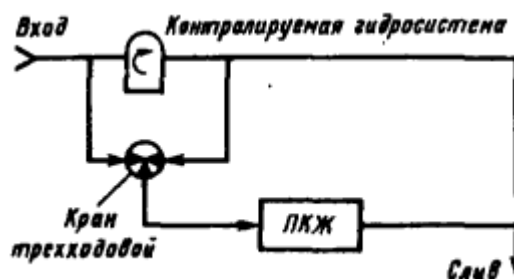


Рисунок 8. Схема контроля загрязненности жидкости в отсеченном потоке с использованием прибора ПКЖ.

Прибор не позволяет контролировать чистоту масла в потоке непосредственно в гидросистеме, на выходе отдельных гидроагрегатов.

Из современных приборов контроля чистоты жидкости, основанных на других физических принципах, наибольший интерес представляет контактно-электрический анализатор загрязнений жидкости, позволяющий автоматически определить класс чистоты отобранной пробы в соответствии с требованиями.

Принцип действия прибора основан на пропускании масла между электродами конденсатора, на которые подается напряжение. Под действием электрического поля частицы мех. загрязнений смещаются к электродам. Проводящая частица, попав на электрод, воспринимает одноименный электрический заряд. Если он достаточно велик, то под действием сил отталкивания частица отрывается от электрода и уходит к противоположному электроду, на котором происходит аналогичное явление. Процесс повторяется до тех пор, пока частица находится под действием электрического поля. При каждом контакте во внешней цепи появляются импульсы тока, обусловленные перезарядкой частиц. Амплитуда каждого импульса прямо пропорциональна заряду соответствующей

частицы. Период автоколебаний частицы между электродами будет зависеть от размера ее размера. Число импульсов будет пропорционально числу частиц загрязнений.

Анализируя число импульсов, их амплитуду и период автоколебаний, получают информацию о гранулометрическом составе загрязнений жидкости; при интегрировании всех импульсов- об объемной концентрации загрязнений.

Структурная схема контактно- электрического анализатора загрязненности жидкости на рис. 9.

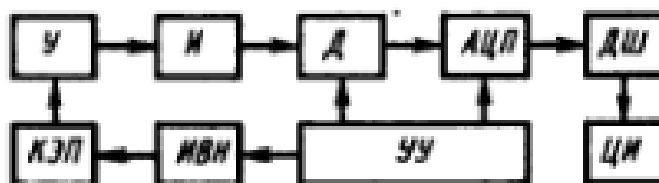


Рисунок 9. Структурная схема контактно-электрического анализатора загрязненности жидкости.

Контролируемую пробу масла помещают в контактно-электрический преобразователь (КЭП), который представляет собой цилиндрический конденсатор с внутренним чувствительным и внешним высоковольтным электродами. С помощью источника высокого напряжения ИВН в конденсаторе создается электрическое поле большой напряженности, под действием которого частицы загрязнения совершают колебания между электродами.

Для измерения интенсивности импульсов, возникающих при контактной перезарядке частиц у электродов, КЭП соединен со входом усилителя, сигнал с выхода которого поступает на интегратор, предназначенный для восстановления постоянной составляющей сигнала КЭП потерянной на разделительных емкостях усилителя У. Уста-

новка усилительных емкостей необходима для устранения влияния утечек.

Сигнал с выхода интегратора поступает на аналого-цифровой индикатор преобразователь АЦП и через дешифратор ДШ выводится на цифровой индикатор ЦИ в виде номера класса чистоты исследуемого масла. Для синхронизации работы узлов системы применяется устройство управления УУ.

Время одного измерения составляет не более 30 с.

Достоинствами контактно-электрического способа измерения чистоты жидкости являются: большой рабочий объем датчика, что позволяет увеличить точность результатов измерений; высокая разрешающая способность при измерении гранулометрического состава загрязнений и большой диапазон измеряемых концентраций загрязнений; возможность многократного измерения степени чистоты одной и той же пробы масла.

Недостатком способа являются снижение чувствительности и усложнение конструкции датчика при анализе жидкостей с низким удельным сопротивлением.

Кроме анализаторов, позволяющих определить гранулометрический состав загрязнений, но работающих в условиях стационарных лабораторий могут применяться различные приборы и устройства, позволяющие производить экспресс анализ загрязнений рабочих жидкостей .

Одним из таких устройств является установка, с помощью которого определяется загрязнение рабочих жидкостей методом центрифугирования проб. Проба жидкости при вращении находится в относительном покое, и на частицы загрязнений, находящиеся в жидкости, действует центробежная сила, перемещающая их к периферии емкости относительно оси вращения. Интенсивность перемещения частиц зависит от разности плотностей загрязнения и рабочей жидкостей, от угловой скорости и расстояния частиц от оси вращения.

					ЮУрГУ-15.04.02.102.2017 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

Центробежный экспресс-анализатор, основанный на этом принципе, состоит из электропривода, трансмиссии и вращающегося диска с емкостями для проб. Схема центробежного анализатора изображена на рисунке 10.

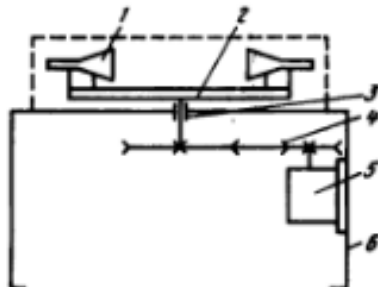


Рисунок 10. Схема центробежного анализатора.

- 1- емкость для проб; 2- вращающийся диск; 3- подшипник; 4- трансмиссия; 5- электродвигатель; 6- рама;

Элементы прибора установлены на раме. Трансмиссия выполнена в виде ременной передачи. На диске имеются гнезда для установки специальных емкостей, представляющих собой металлические конусы, переходящие к вершине в проградуированную стеклянную трубку малого диаметра (0,8-1,5мм). Емкости закрываются резьбовыми крышками, стеклянная труба-пробкой. Каждая емкость имеет объем 100 см³. Пробы масла рабочей жидкости, взятые из системы, заливают в емкость и устанавливают на диске. Диск с емкостями закрывают предохранительным кожухом. При вращении емкости с пробой частицы механических примесей собираются в стеклянных трубках. По шкале труб определяют объем осадка и с учетом объема проб выявляют объемное содержание металлических примесей в проверяемой рабочей жидкости.

Рассмотрение осадка под микроскопом дает возможность определить состав загрязнения и причины попадания частиц в рабочую жидкость.

При анализе осадка, извлеченного из трубки, следует обращать внимание на то, что сначала откладываются частицы большей плотности, которая близка к плотности рабочей жидкости. Рассмотрение осадка под

микроскопом дает возможность определить состав загрязнения и причины попадания частиц в рабочую жидкость.

Время центрифугирования проб составляет 2 ... 3 мин. При снижении вязкости жидкости путем разбавления фильтрованным бензином в определенной пропорции время центрифугирования уменьшается.

Оценивая технические возможности разработанных средств контроля, классов чистоты рабочей жидкости, важно заметить, что общим недостатком всех методов является использование в основном отдельных проб масла для определения гранулометрического состава загрязнений. Это вносит погрешность в результаты измерений, связанную с особенностями отбора проб, их транспортированием и хранением. Кроме того, метод проб не позволяет оценить изменение загрязнения системы в зависимости от режимов работы.

2.3. Контроль водосодержания

Наличие воды в рабочей жидкости можно обнаружить по характерному треску при нагревании пробы масла (ГОСТ 4—85). Для этого в пробирку диаметром 13 ... 14 мм, высотой 110 ... 140 мм заливают пробу масла на высоту 70 ... 90 мм и закрывают ее пробкой. В центр вставляется термометр для контроля температуры. Пробирку помещают в масляную баню и нагревают до температуры 150 °С. При наличии в масле воды масло пенится и слышится треск. Наличие воды считается установленным, если треск слышится не менее 2 раз.

Эмульсионную воду в маслах определяют по методу Дина и Старка (ГОСТ 2477—65): 100 см³ смешивают со 100 см³ растворителя (обычно в качестве растворителя используют бензин прямой перегонки неэтилированный, выкипающий при температуре 80 ... 120 °С) и нагревают в металлической колбе.

Испарившаяся вода конденсируется в холодильнике и накапливается в градуированном стеклянном приемнике. Нагревание прекращается по-

					<i>ЮУрГУ-15.04.02.102.2017 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		40

сле того, как объем воды в приемнике перестает увеличиваться. Определяют количество сконденсированной воды и подсчитывают ее процентное содержание:

$$X = \frac{V \cdot \rho}{m},$$

где V – объем воды в приемнике;

ρ – плотность контролируемого масла при температуре взятия из пробы;

m – масса пробы взятая для контроля;

При эксплуатации наличие воды в рабочей жидкости гидросистемы обязательно контролируют визуально, помещая пробу жидкости в чистую стеклянную пробирку, при этом могут быть обнаружены капли эмульсией воды размером 30 ... 40 мкм.

Необходимо контролировать водосодержание т.к вода в гидросистеме вызывает внутреннюю коррозию гидравлических частей привода со всеми вытекающими последствиями: загрязнение масла продуктами коррозии, из-за этого изменяется состав масла, на внутренних поверхностях цилиндров появляются задиры, что приводит в итоге к внутренним утечкам, а в результате оборудование под действием сил начинает проседать.

Загрязнение масла водой ускоряет процесс старения масла, в результате которого происходит окисление, гидролиз, совокупное истощение, снижение прочности смазочной пленки, коррозия и повреждение компонентов гидравлического оборудования, сокращение срока службы всех компонентов привода и увеличение расходов на обслуживание. На графике 1 показана зависимость срока службы гидропривода от содержания воды в масле.

					ЮУрГУ-15.04.02.102.2017 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

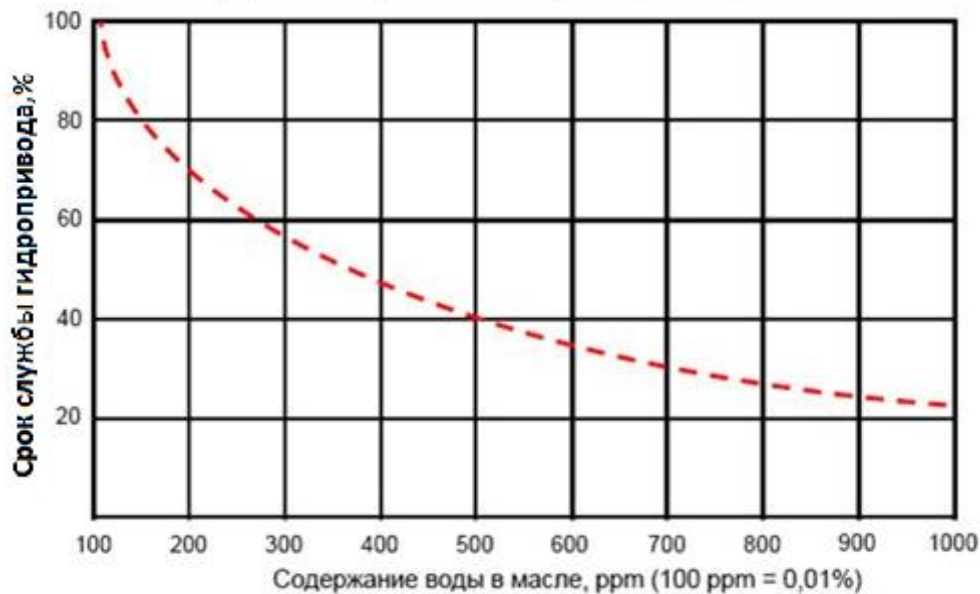


График 1. Зависимость срока службы от содержания воды

В зависимости от применяемости масла всегда регламентируют предельные значения содержания воды, при которых допускается его использование (табл.5)

Таблица 6. Допустимое содержание воды для отдельных типов масла.

Вид масла	Предельное содержание воды, ppm
Изоляционные минеральные масла	20-35
Гидравлические минеральные масла	100
Смазочные минеральные масла	100-200
Растительные масла	800-1000
Синтетические масла	2000-4000

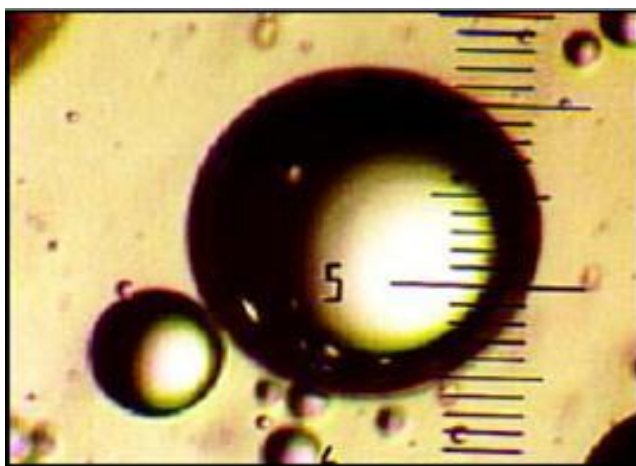


Рисунок 11. Присутствие воды в масле.

Как известно, попавшая в масло вода (рис.11) может находиться в различных состояниях: свободном, эмульгированном или растворенном. Даже в свежем масле всегда присутствует небольшое количество воды в растворенном состоянии. По мере насыщения воды водой растворенная вода переходит в состояние эмульсии или свободное состояние. Свободная вода обычно скапливается в корпусах теплообменников, в нижних частях трубопровода, на дне баков. Эмульгированная или свободная вода может переходить в растворенное состояние при повышении температуры масла. Для каждого типа масла существует свой предел насыщения, при котором растворенная вода переходит в эмульгированное или свободное состояние(рис.12).

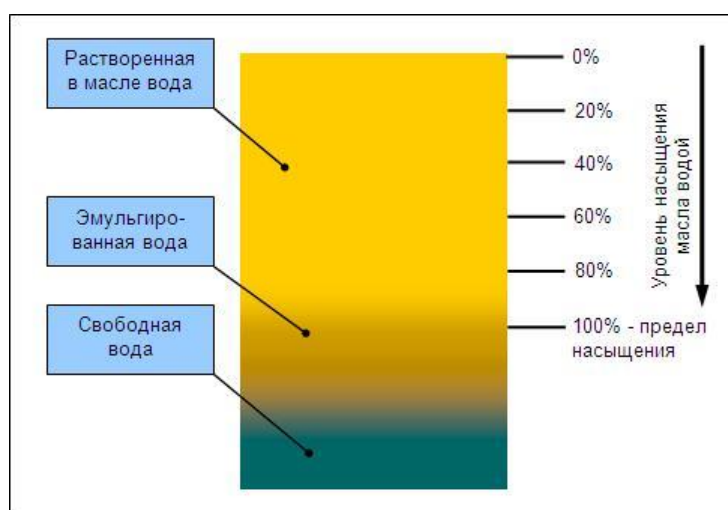


Рисунок 12. Уровень насыщения масла водой.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-15.04.02.102.2017 ПЗ

Лист

43

Поскольку эмульгированная и свободная вода приносит значительно более существенный вред, чем растворенная, то содержание воды всегда должно быть ниже предела насыщения. Растворенная вода также причиняет ущерб, поэтому нужно принимать меры по поддержанию наименьшего уровня насыщения масла водой.

2.4. Контроль химической стабильности

Химическая стабильность масла — это свойство масла противостоять изменению своих качеств при воздействии кислорода и других факторов окисления. Жидкости гидропривода при стандартной температуре имеют устойчивость против окислений, т. е. обладают повышенной хим. стабильностью и могут в течение трех лет и более сохранять свои свойства без каких-либо изменений.

Однако при повышении температуры (не менее 60°C) жидкость начинает с большой скоростью окисляться, при температуре свыше 300 °C происходит термический распад и окисление масла. В результате окисления меняется хим. состав жидкости и ухудшаются его основные свойства; окисление вызывает коррозию деталей гидропривода, образуют углеродные отложения и осадки в системе смазки — это приводит к необходимости применять меры против окисления жидкости и снижению опасности, вызываемой окислением. От хим. стабильности высоко зависит срок службы жидкости. Окисление жидкости в виду изменения температуры приводит к образованию шламов, лаковых отложений.

Рабочие масла, содержащие антикоррозионные и противоизносные присадки класса органических кислот, имеют более высокие сроки службы. Исходное кислотное число этих жидкостей значительно превосходит кислотное число базовых масел.

При старении легированной рабочей жидкости в ней одновременно происходит два процесса:

-окисление базового масла и увеличение кислых продуктов;

					<i>ЮУрГУ-15.04.02.102.2017 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		44

-расходование кислых присадок на формирование граничных пленок на поверхностях трения и участие в химических реакциях.

В начальной период работы гидросистемы значение кислотного числа масла мало изменяется, т.к происходит взаимная компенсация принятого для контроля интегрального критерия КОН. Несмотря на то, что процесс оценки старения масла очень сложен, зависимость изменения кислотного числа от времени работы масла в гидроприводе широко используют ввиду доступности метода. Критерием свидетельствующим о значительном окислении базового масла, является переход от области минимума величины КОН по времени к области ее резкого роста. Обычно к моменту анализа базовое число окисляется в 5-10 раз более, чем в исходном состоянии.

Дальнейшее увеличение общего кислотного числа рабочей жидкости происходит почти исключительно за счет интенсивного окисления базового масла. В этой связи при выборе масла в качестве рабочей жидкости гидропривода целесообразно учитывать на какой базе изготовлена эта жидкость и степень ее легирования присадками класса органических кислот.

Для определения кислотности проводится титрование гидроокисью калия (КОН), а для определения щелочности - соляной кислотой (НС1). В настоящее время, для этих целей чаще используют метод потенциометрического титрования .

При определении стабильности нефтяных масел против окисления применяют прибор ВТИ для окисления из молибденового стекла с шлифованными пробками (рис.13). Общий вид установки для окисления нефтяных масел приведен на рис.14;

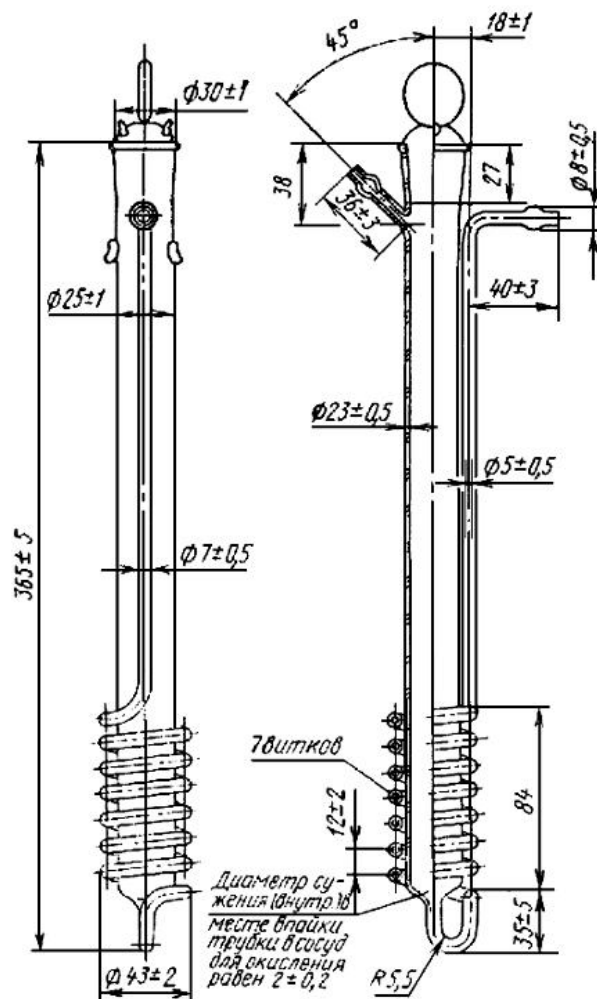


Рисунок 13. Прибор для окисления масел.

Сущность метода заключается в окислении масла в приборе ВТИ под воздействием кислорода при повышенной температуре в присутствии катализатора.

Стабильность масла против окисления определяется кислотным числом, количеством летучих низкомолекулярных кислот и осадка, образующихся при окислении.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-15.04.02.102.2017 ПЗ

Лист

46

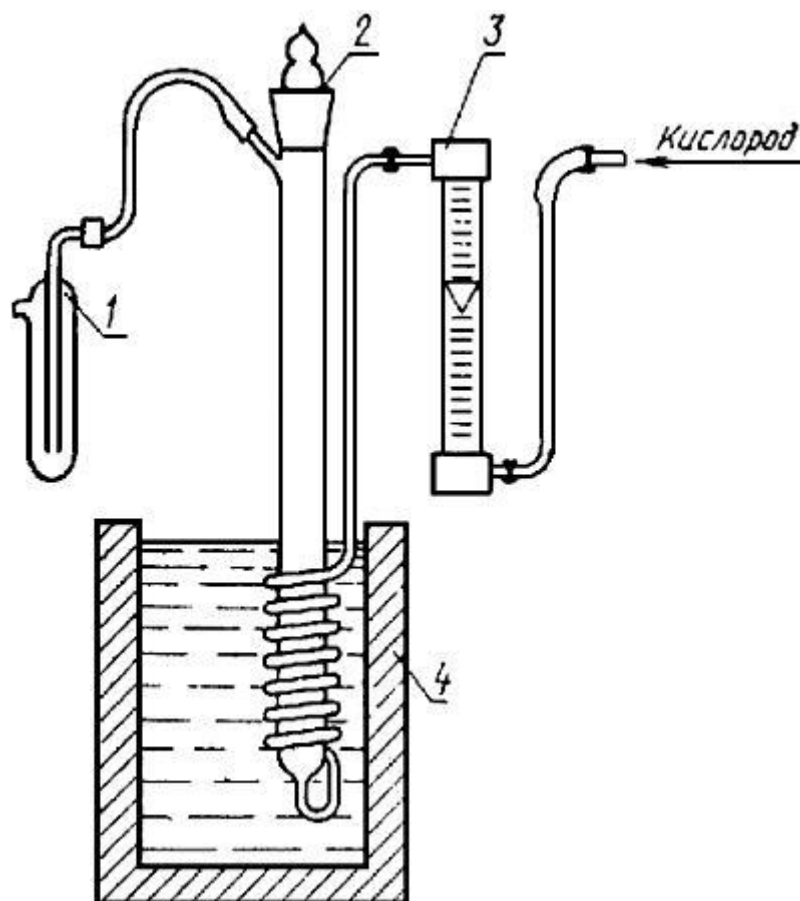


Рисунок 14. Общий вид установки.

1 - ловушка; 2 - прибор ВТИ для окисления нефтяных масел; 3 - реометр или ротаметр; 4 - масляная баня

Таблица 7. Параметры при окислении.

Температура, °С	120
Время окисления, ч	14
Скорость подачи кислорода, мл/мин	200
Катализатор	Медная пластинка с надетой на нее стальной спиралью; при испытании трансформаторных масел - только медная пластинка

Содержимое колбы титруют 0,025 моль/дм³ раствором едкого калия в присутствии трех капель фенолфталеина до появления слабо-розовой окраски. Параллельно проводят титрование 0,025 моль/дм³ раствором гидроокиси калия, 120 см³ дистиллированной воды в присутствии трех капель фенолфталеина до появления слабо-розовой окраски.

Содержание летучих низкомолекулярных кислот ($K_{\text{лнм}}$) в мг КОН на 1 г масла вычисляется по формуле:

$$K_{\text{лнм}} = \frac{\left(V_2 - \frac{V_1}{4}\right) \cdot T}{30}$$

Где V_2 – объем 0,025 моль/дм³ раствора гидроокиси калия, израсходованный на титрование 120 дм³ дистиллированной воды, дм³;

V_1 – объем 0,025 моль/дм³ раствора гидроокиси калия, израсходованный на титрование 30 дм³ дистиллированной воды, дм³;

T – титр 0,025 моль/дм³ раствора гидроокиси калия, мг/см³;

За результат испытания принимают среднеарифметическое результатов двух параллельных определений, допускаемые расхождения между которыми не должны превышать значений величин, указанных в табл.4.

Массовую долю осадка в окисленном масле (X) в процентах вычисляют по формуле:

$$X = \frac{m_1 \cdot 100}{m}$$

Где m_1 – масса окисленного масла, г;

m – масса осадка, г.

Кислотное число окисленного масла (К) в мг КОН на 1 г масла вычисляют по формуле :

$$K = \frac{V \cdot T \cdot n}{25}$$

Где V – объем 0,05 моль/дм³ спиртового раствора гидроокиси калия, израсходованный на титрование, см³;

T – объем 0,05 моль/дм³ спиртового раствора гидроокиси калия, дм³;

n – отношение объема всего бензинового фильтра к объему, взятому для титрования;

В документах, сопровождающих товарные продукты смазочных материалов, хим. стабильность характеризуется:

- общим щелочным числом (TBN),
- числом нейтрализации,
- общим кислотным числом (TAM),
- числом сильных кислот (SAN).

2.5. Контроль точки потери текучести

Точка текучести это предельно низкая температура, при которой масло, охлажденное в тщательно контролируемых условиях, сохраняет свою текучесть.

Та температура, при которой масло становится вязким настолько, что при наклоне пробирки под угол 45° масло остается неподвижным в течение минуты, считают температурой застывания.

Температура застывания не совсем точный, но оправданный показатель для определения нижнего допустимого предела температуры,

					ЮУрГУ-15.04.02.102.2017 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		49

при которой можно применять жидкость в гидроприводе.

Температура застывания и связанная с ней потеря маслом текучести зависят от кристаллизации парафинов, которые не позволяют маслу перемещаться. Для избежания кристаллизации применяют специальные присадки. В результате понижается температуры застывания и вязкости жидкости. Нужно помнить, что при введении депрессорных присадок температура застывания не может стать ниже температуры застывания основы, полностью освобожденной от парафина. Для синтетических рабочих жидкостей применение депрессорных присадок неэффективно. Потеря текучести при охлаждении таких жидкостей может быть вызвана повышением их вязкости до некоторого предела. Жидкости, свободные от парафина или других компонентов, способных выпасть в осадок, ведут себя как ньютоновские жидкости даже при очень низких температурах. Их вязкость в точке текучести является для всех жидкостей примерно одинаковой и лежит в пределах 10^5 - 10^8 сСт.

Сущность методов определения текучести заключается в предварительном нагревании образца испытуемого нефтепродукта с последующим охлаждением его с заданной скоростью до температуры, при которой образец остается неподвижным. Указанную температуру принимают за температуру застывания.

Наиболее низкую температуру, при которой наблюдается движение нефтепродуктов в условиях испытания, принимают за температуру текучести. На рисунке 15 изображен прибор для определения температуры текучести.

					ЮУрГУ-15.04.02.102.2017 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

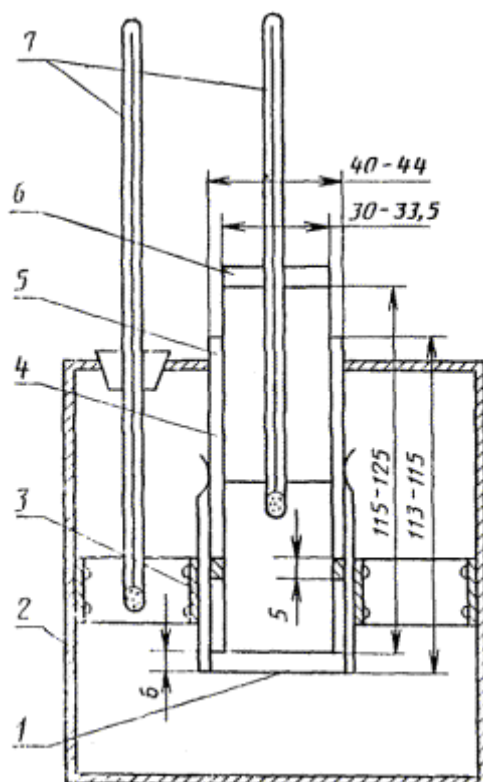


Рисунок 15. прибор для определения температуры текучести.

1 - диск; 2 - баня; 3 - прокладка; 4 - пробирка; 5 - муфта; 6 - корковая пробка; 7 - термометр

У большого количества масел температура застывания зависит от скорости охлаждения и истинная температура застывания не поддается точному определению. В качестве депрессорных присадок применяют алкилнафталины, производные алкилфенолов, сложный эфир алкилфенола и фталевой кислоты (сантопур), а также полиметакрилаты Д. К алкилнафталинам относятся присадки депрессор АзНИИ (ГОСТ 10535—63), парафлору' (США). Многофункциональная присадка (противокоррозионная, моющая, депрессорная) АзНИИ—ЦИАТИМ— 1 (ГОСТ 7189—54) является производной алкилфенолов.

В масло вводится обычно 0,5—1,0% присадки, дальнейшее увеличение содержания не дает значительного снижения температуры застывания.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-15.04.02.102.2017 ПЗ

Лист

51

3. Испытания рабочих жидкостей экспресс методом.

Показатель состояния рабочей жидкости для надежной и долговечной работы по мере повышения ее стоимости неуклонно повышается. В то же время по мере изнашивания агрегатов требования к рабочим свойствам жидкости несколько меняются: нужно повышать вязкость, антикоррозионные свойства и т.д.

При техническом обслуживании агрегатов необходимо контролировать состояния масла, по ее основным критериям, для предотвращения его ускоренного изнашивания и аварий, а также для своевременной замены масла. Основные критерии оценки состояния были описаны в главе 2.

В результате анализа общих критериев в данной работе предлагается создать эффективный и простой экспресс метод контроля основных параметров масла с помощью минимального набора приборов, который по результатам метода позволит дать общую оценку возможности продолжения работы масла.

Сущность метода заключается в испытании проб масла по 5 критериям.

- вязкость
- загрязненность
- точку потери текучести
- химическую стабильность
- водосодержание

При разработке, подготовке и производстве масла подвергаются комплексу различных испытаний по многочисленным стандартным и другим методам контроля физико-химических и моторных показателей в лабораторных, стендовых и эксплуатационных условиях. После освоения производства разработчики и производители масла контролируют его при производстве и при периодических контрольных испытаниях. Для испы-

таний были взяты 3 пробы различных масел с разной продолжительностью работы:

1. Компрессионное масло Shell Corena S2-46.

Таблица 8. Технические характеристики Shell Corena S2-46

Показатель			Метод	Corena S2 R 46
Класс вязкости ISO			ISO 3448	46
Кинематическая вязкость	@40°C	мм ² /с	ASTM D445	46
Кинематическая вязкость	@100°C	мм ² /с	ASTM D445	6.9
Плотность	@15°C	кг/м ³	ASTM D 1298	875
Температура вспышки в открытом тигле			ASTM D 92	230
Температура застывания			ASTM D 97	-33
Сульфатная зольность			DIN 51575	0.43
Окислительная стабильность (изменение массы коксового остатка)			DIN 51352-1	0.45
Отделение воды от масла	@54°C	минут	ASTM D 1401	40
FZG тест	Выдерживает ступеней нагружения		CEC-L-07-A-85	11

2. Трансмиссионное масло Shell Spirax S5 ATE 75W-90.

Таблица 9. Технические характеристики Shell Spirax S5 ATE 75W-90

Показатель			Метод	Shell Spirax S5 ATE 75W-90
Класс вязкости SAE			SAE J 306	75W-90
Кинематическая вязкость	@40°C	мм ² /с	ISO 3104	81
Кинематическая вязкость	@100°C	мм ² /с	ISO 3104	14.9
Индекс вязкости			ISO 2909	194
Динамическая вязкость			ISO 9262	35000
Плотность	@15°C	кг/м ³	ISO 12185	879
Температура вспышки в открытом тигле			ISO 2592	205
Температура застывания			ISO 3016	-45

3. Масло гидравлическое И-20А.

Таблица 10. Технические характеристики И-20А

	И-20А
Вязкость кинематическая при 40 ⁰ С, мм ² /с	31,6
Температура вспышки в открытом тигле, ⁰ С	222
Температура застывания, ⁰ С	-17
Кислотное число, мг КОН/г	0,01
Зольность, %	0,005
Плотность, при 20 ⁰ С, г/см ³	0,878
Цвет на колориметре ЦНТ, ед. ЦНТ	1,0

Отобранные масла имеют разное время наработки. Так масло Shell Spirax S5 ATE 75W-90 почти свежее, масло Shell Corena S2-46 минимальное время работы, а гидравлическое И-20А имеет полностью отработанный ресурс.

3.1 Контроль по загрязненности методом капельной пробы

Основное место в экспресс-контроле масла занимает «капельная проба» на бумаге, что предложено еще в 1948 г. фирмой Шелл. Но достаточно и органолептической оценки масляного пятна, получаемого через 15 –20 мин. после помещения в теплое место квадрата фильтровальной бумаги с нанесенной на него представительной каплей масла. Стилизованные «капельные пробы» имеются в учебной литературе. Их фото приведены на рисунке 16:

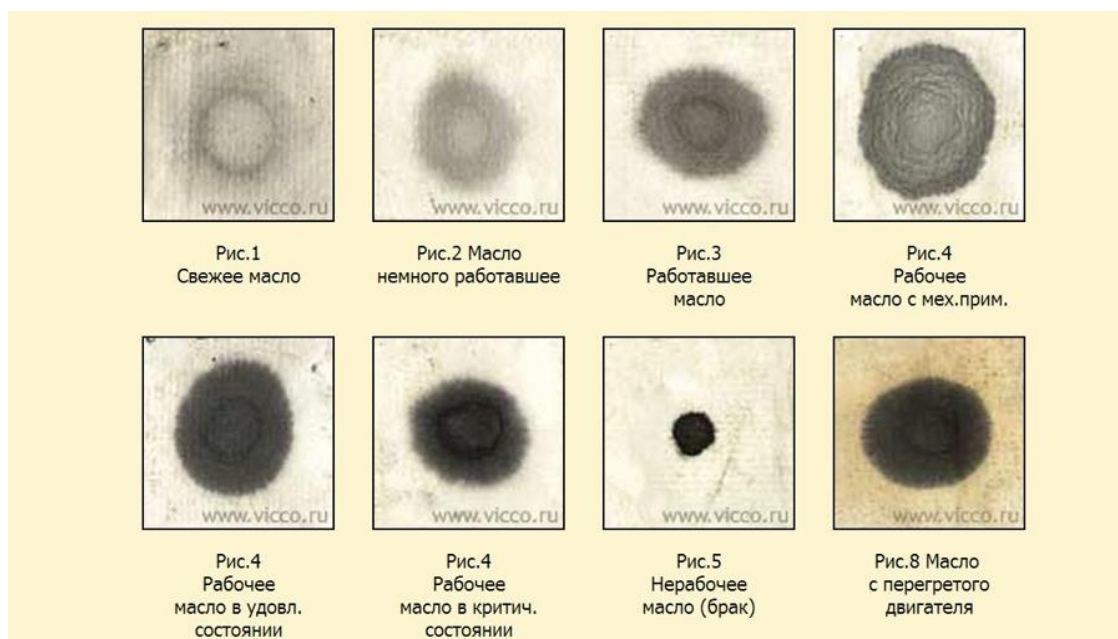


Рисунок 16. Анализ проб капельным методом.

Методика предназначена оценки состояния масла в полевых условиях качества работы масла по капельной пробе и принятия решения о времени замены масла при достижении критических значений одного из двух показателей:

- коэффициента механических примесей $K_{\text{мпр}}$
- коэффициента моющее-диспергирующего свойства масла $K_{\text{мд}}$

$$K_{\text{мпр}} = \frac{d_1}{d_2}$$

Где d_1 – диаметр ядра;

d_2 – диаметр краевой зоны.

$$K_{\text{мд}} = \frac{D}{d_2}$$

Где D – диаметр зоны диффузии;

$$D = \frac{d_2 + d_3}{2}$$

Где d_3 – наибольший диаметр зоны диффузии;

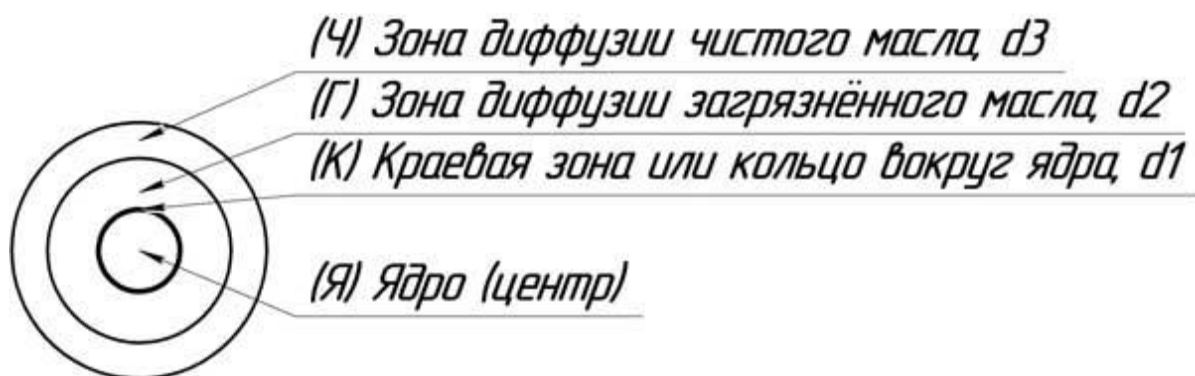


Рисунок 17. Структурные компоненты масляного пятна.

Рассмотрим результаты проб.

Анализируя первую пробу (рис. 18) и сравнивая с приведенными образцами можно сделать вывод о небольшой работе масла; видны ядро, кольцо краевой зоны, окаймляющее ядро, отсутствует кольцо зоны диффузии загрязненного масла, видна зона диффузии чистого масла. Не разрушена краевая зона. Пример «капельной пробы» масла с большим запасом работоспособности. Сравнивая с информацией о пробе можно сделать вывод, что ресурс масла определен достоверно.

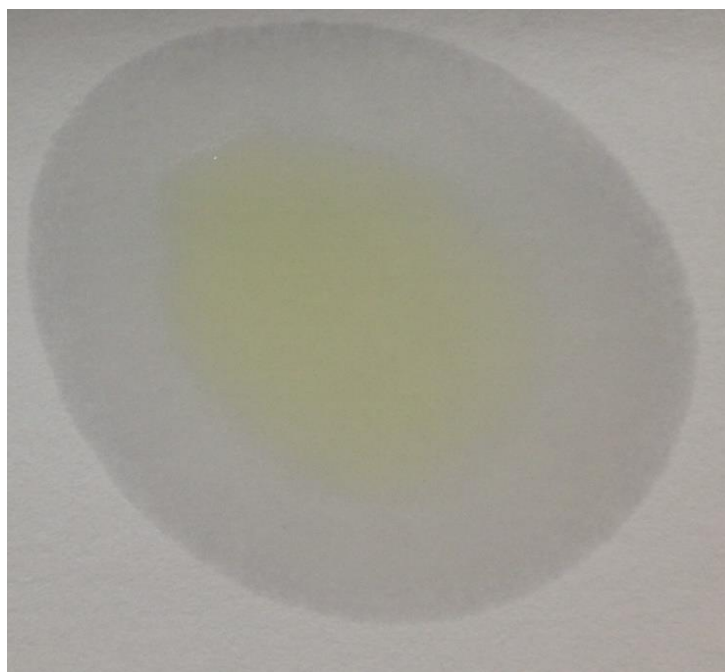


Рисунок 18. Проба масла Shell Corena S2-46.

Анализируя вторую пробу (рис. 19) можно сделать вывод о очень свежем масле; ядро очень светлое, отсутствуют зоны диффузий как загрязненного масла. Не разрушена краевая зона. Пример «капельной пробы» масла с большим запасом работоспособности. Сравнивая с информацией о пробе можно сделать вывод, что ресурс масла получен достоверно.

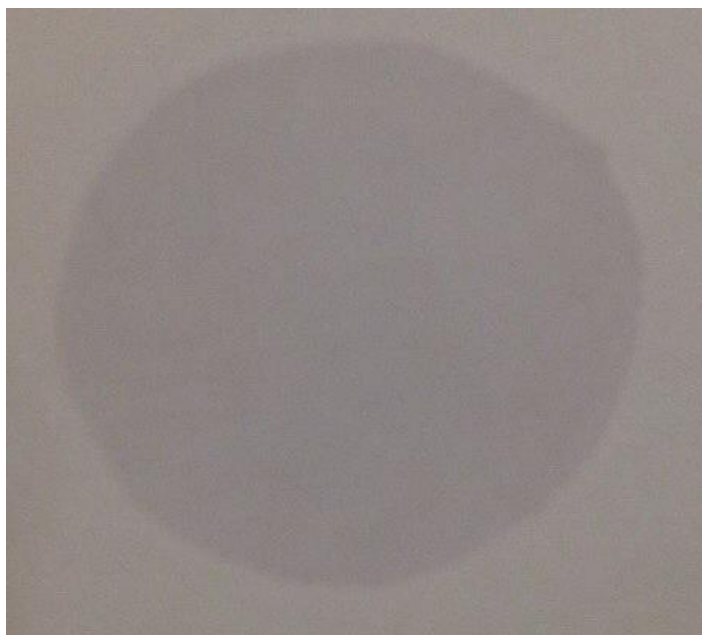


Рисунок 19. Проба масла Shell Spirax S5 ATE 75W-90

Анализируя третью пробу (рис. 20) делаем вывод о работавшем масле; видны ядро, кольцо краевой зоны, окаймляющее ядро, присутствует кольцо зоны диффузии загрязненного масла, зона диффузии чистого масла. Не разрушена краевая зона. Пример «капельной пробы» масла с малым запасом работоспособности. Наличие большого количества загрязнений. Сравнивая с информацией о пробе можно сделать вывод, что ресурс масла определен достоверно.

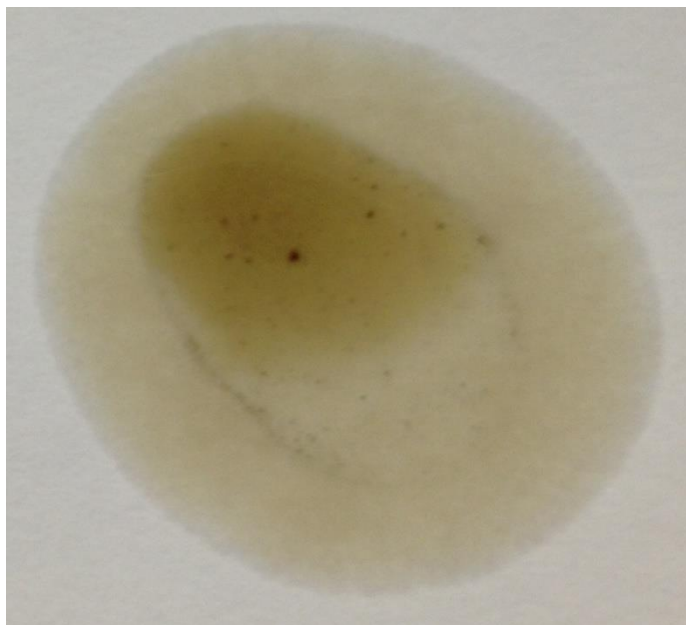


Рисунок 20. Проба масла И-20А.

Определим критические коэффициенты механических примесей и коэффициента моющее-диспергирующего свойства масла.

При данных значениях коэффициентов необходима замена масла.

$$K_{\text{мд}} \geq 1,65$$

$$K_{\text{мпр}} \geq 0,45$$

Таблица 11. Определение критических коэффициентов

Тип масла	d_1	d_2	d_3	D	$K_{\text{мд}}$	$K_{\text{мпр}}$
1	4	11	16	13,5	1,22	0,3
2	-	-	-	-	-	-
3	9	13	16	23	1,02	0,69

Исходя из полученных результатов делаем вывод, что проба масла №3 не соответствует нормам.

Экспресс-анализ методом капельной пробы позволяет ориентировочно оценить состояние масла и принять решение о времени замены масла. Это простой, но эффективный способ по оценке состояние масла позволяет вовремя производить его замену, что позволит увеличить срок эксплуатации агрегатов. Экспресс-методом по «капельной пробе» возможна лишь примерная оценка состояния, т.к наличие загрязнений различных размеров данным методом объективно оценить невозможно.

3.2 Контроль по водосодержанию

Не менее важен контроль по содержанию воды в масле. Для определения содержания воды используем метод пластины (рис.21). Метод пластины легко осуществим в условиях функциональной ограниченности.

Сущность метода заключается в нагреве металлической пластины до 160°C и последующим нанесении капли на нагретую поверхность пластины.

Оценивание результатов происходит визуально в сравнении с приведенными образцами (рис.21):

1. Если нет изменений в структуре капли на пластине в течение 1-2 с, то в масле нет свободной или связанной воды.

2. Если образуются небольшие пузырьки (0,4 мм), которые быстро исчезают, значит содержание воды 0,05-0,10%.

3. Если размер пузырьков около 2 мм и при перемещении в центр они увеличиваются до 4 мм, значит содержание воды 0,1-0,2%.

4. При содержании воды больше чем 0,2% образуются пузыри размером 2-3 мм и увеличиваются до 4 мм. И так несколько раз. При большом содержании воды наблюдается сильное пузырение и треск.

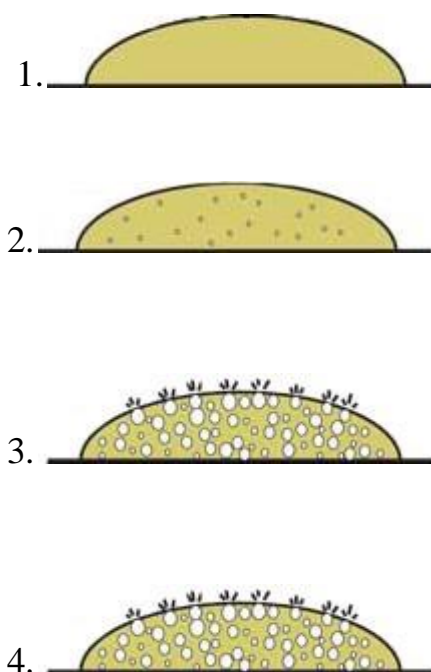
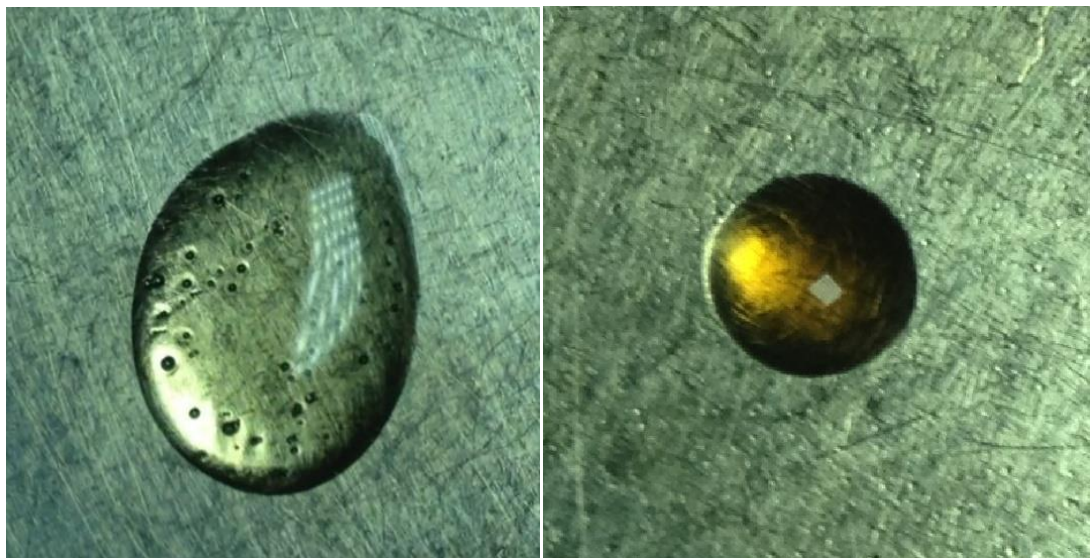


Рисунок 21. Состояния капли масла.

Анализируя пробы (рис. 22) и сравнивая с приведенными образцами можно сделать вывод по наличию воды. Первый образец можно отнести ко второму примеру, видны небольшие пузырьки, звуки отсутствуют. Второй образец относим к первому примеру, так как характерных для наличия воды пузырей и треска не обнаружено. В третьем образце видны

характерные крупные пузыри и слышен треск. По наличию звука относим образец к четвертому примеру.



Shell Corena S2-46

Shell Spirax S5 ATE 75W-90



И-20А

Рисунок 22. Состояние капли проб образцов.

Данный метод достаточно прост и информативен. Как видно из фотографий в 1-ом масле содержание воды можно оценить в пределах 0,05-0,10%. С результатами можно согласиться, т.к. масло имеет небольшое время наработки. В 2-ом масле нет изменения структуры поэтому можно сделать вывод о отсутствии воды в масле, что подтверждается нулевым

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-15.04.02.102.2017 ПЗ

Лист

60

временем эксплуатации. Оценка 3-ого масла обуславливается отработанным сроком, как известно влияющим на наличие воды.

3.3 Контроль по вязкости

Контроль по вязкости осуществим по методу Стокса, т.к метод Стокса можно реализовать из подручных средств. Для метода достаточно иметь цилиндр наполненный исследуемым маслом, секундомер, шарик, а также линейку и штангенциркуль для измерений (рис. 23,24,25). Для метода необходимо знать:

ρ – плотность шарика;

ρ_0 – плотность жидкости;

r – радиус шарика;

R_0 – радиус сосуда;

v – скорость падения шарика ($v = \frac{h}{t}$);

h – высота уровня жидкости.

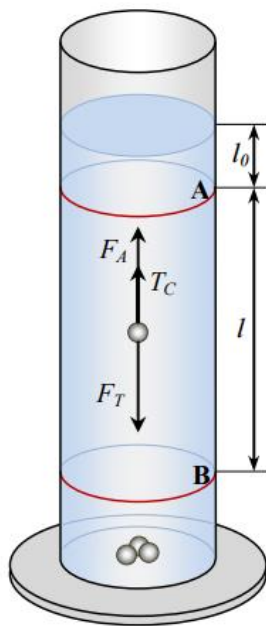


Рисунок 23. Схема установка для испытания

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-15.04.02.102.2017 ПЗ

Лист

61



Рисунок 24. Цилиндрическая емкость



Рисунок 25. Шарик подшипника (сталь ШХ15)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-15.04.02.102.2017 ПЗ

Лист

62

При падении шарика в цилиндрической трубе радиусом R_0 высотой h с учетом влияния границ динамическая вязкость вычисляется по формуле:

$$\mu = \frac{2r^2 g(\rho - \rho_0)}{9v \left(1 + 2,1 \frac{r}{R_0}\right) \left(1 + 1,33 \frac{r}{h}\right)}$$

Далее определяем кинематическую вязкость:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

Результаты показаны ниже (табл.12,13)

Таблица 12. Расчет вязкости по заданным параметрам:

Масло	$\rho, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	$\rho_0, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	$r, \text{м}$	$R_0, \text{м}$	$v, \text{м/с}$	$h, \text{м}$	$\mu, \text{па} \cdot \text{с}$	$\nu, \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$
1	7812	875	0,103	0,3	0,371	0,2	0,079	$91,3 \cdot 10^{-6}$
2	7812	879	0,103	0,3	0,211	0,2	0,137	$156,4 \cdot 10^{-6}$
3	7812	890	0,103	0,3	0,656	0,2	0,041	$46,71 \cdot 10^{-6}$

Таблица 13. Паспортная и расчетная кинематическая вязкость

Тип масла	$\nu_{\text{расч}}, \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$ при 25°C	$\nu_{\text{тех}}, \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$ при 40°C	Состояние
Shell Corena S2-46	$91,3 \cdot 10^{-6}$	$46 \cdot 10^{-6}$	+
Shell Spirax S5 ATE	$156,4 \cdot 10^{-6}$	$81 \cdot 10^{-6}$	+
И-20А	$46,71 \cdot 10^{-6}$	$31,6 \cdot 10^{-6}$	-

Можно заметить, что у образцов 1 и 2 наблюдается отклонение вязкости в пределах нормы, обусловленное разностью температуры при котором рассчитывалась вязкость и температурой по паспорту. В последнем же образце мы видим уменьшение вязкости масла, что может говорить нам о значительном времени работы масла. Зависимость вязкости от температуры масла Shell Corena S2-46 представлена на рисунке 26.

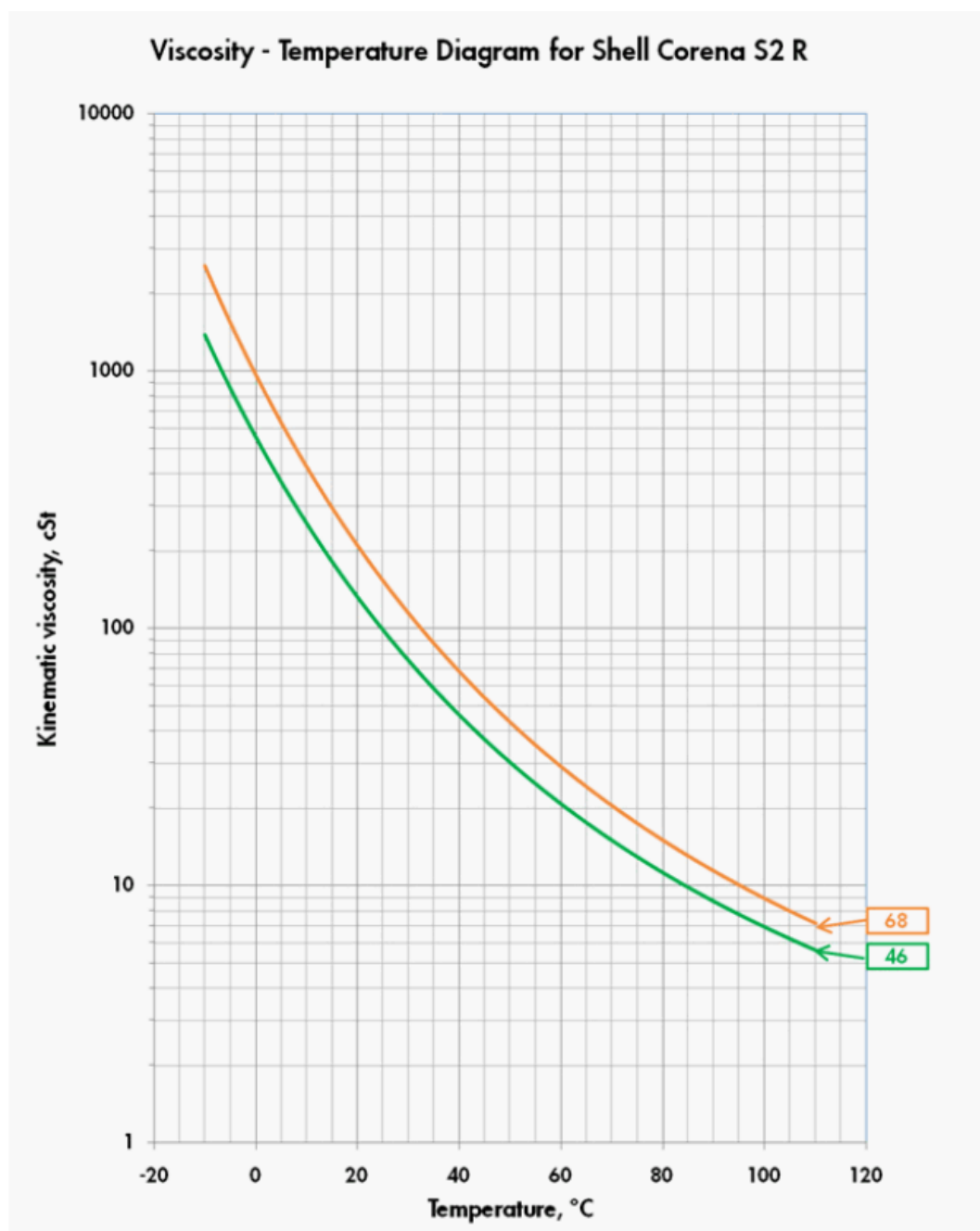


Рисунок 26. Зависимость вязкости от температуры масла Shell Corena S2-46

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-15.04.02.102.2017 ПЗ

Лист

64

3.4 Контроль по химической стабильности

К маслам, применяемым в качестве рабочей жидкости гидросистем, предъявляются требования, чтобы они в рабочих условиях и хранении не изменяли своих химических свойств, т.е. в условиях эксплуатации обладали химической стабильностью.

В рабочих условиях провести анализ на химическую стабильность лабораторными методами очень часто не представляется возможным. Ввиду необходимости для проведения лабораторных методов хорошего оснащения лаборатории (рис. 27) в работе предлагается оценивать хим. стабильность визуальным методом.



Рисунок 27. Приборы для определения хим. свойств масел

Старение масла происходит в результате процессов окисления, разложения и полимеризации углеводородов, которые сопровождаются в

процессе хранения и эксплуатации загрязнениями, такими как: пыль, частицы износа, вода и т.д. Процессы, являющиеся причиной старения, существенно изменяют физико-химические свойства масла, приводят к появлению в нем разнообразных продуктов, что существенно изменяет его эксплуатационные показатели. Процесс окисления масла ускоряется при:

- повышении температур,
- увеличении доступа кислорода,
- каталитическом воздействии ионов некоторых металлов,
- механическом напряжении в условиях большой скорости сдвига

В результате окисления образуются углеродистые отложения на деталях привода, такие как шламы и лаки.

Шлам - это суспензия и эмульсия в масле из нерастворенных твердых и смоляных веществ черного цвета. Состав шлама:

- масло - 40-60 %,
- вода - 10-15%,
- окисленные продукты масла



Рисунок 28. Шламы в масле И-20А

Лак - тонкий слой углеродистого вещества от коричневого цвета, образующийся на нагретых поверхностях вследствие полимеризации тонкого слоя масла в присутствии кислорода. Лак значительно ухудшает отвод

тепла в системе, снижает прочность и сохраняемость масляной пленки на стенках цилиндров. Лак образуется интенсивнее при увеличении температуры. На рисунке 29 показано образование лака в цилиндре.



Рисунок 29. Лакирование поверхности детали

Таким образом химическую стабильность масла проверить визуальным экспресс методом можно лишь для определения критического состояния масла.

Также хим.стабильность можно определить тестом меди на коррозию. Для этого пластину меди помещают в масляную баню с температурой 100°C и держат в течении 1 часа. Затем сравнивают с цветом стандарта ГОСТ 2917(рис.30).

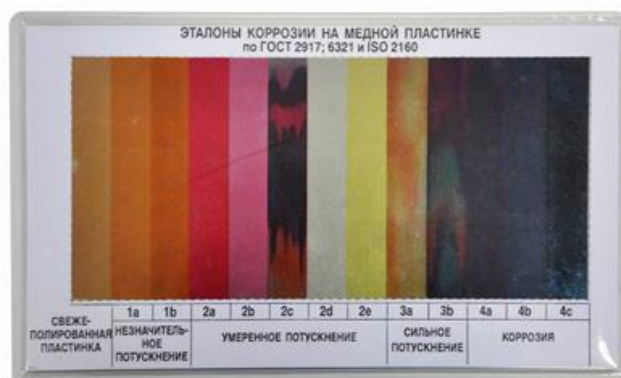


Рисунок 30. Цвет меди при окислении

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ЮУрГУ-15.04.02.102.2017 ПЗ

Лист

67

3.5 Контроль по точки потери текучести

При работе гидравлических жидкостей недопустимо потеря его вязкости.

Именно низкая температура оказывает наиболее существенное влияние на работоспособность и безотказность машин с гидроприводом. Прежде всего это связано с увеличением вязкости холодного рабочего масла после длительного перерыва в работе, более 7,5 часов. При воздействии низких температур на гидросистему повышаются потери по давлению, так называемое гидравлическое сопротивление потоку, и силы трения в подвижных соединениях, затрудняется пуск гидропривода, процесс нагрева рабочей жидкости до нормального теплового режима гидравлической системы становится более долгим.

Результаты экспериментальных исследований гидравлического оборудования при низких температурах показали:

- потери давления в гидросистеме возрастают в 3раза при температуре $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ и в 10...15 раз при температуре от -50 до $-58\text{ }^{\circ}\text{C}$ по сравнению с потерями давления при $+40...+50\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- объемный и гидромеханический к.п.д. насосов особенно понижается в период запуска гидрооборудования в работу;
- потери мощности увеличиваются на 20% относительно номинального значения при температурах ниже $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- в зоне наиболее низких температур ($-55...-40\text{ }^{\circ}\text{C}$) резко снижается объемный к.п.д.

Для проведения испытаний масла подвергаются воздействию низких температур(-20°C). Так как без специального оборудования определение

					<i>ЮУрГУ-15.04.02.102.2017 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		68

точки текучести невозможно, мы можем зафиксировать температуру застывания.

Проведение испытаний начинаем с масла Shell Corena S2-46 (рис.30). Масло компрессорное имеет температуру застывания – 33°C. При заморозке и наклону на уровень 45° масло показало хорошие вязкостные свойства, масло при -20°C не потеряло подвижности.

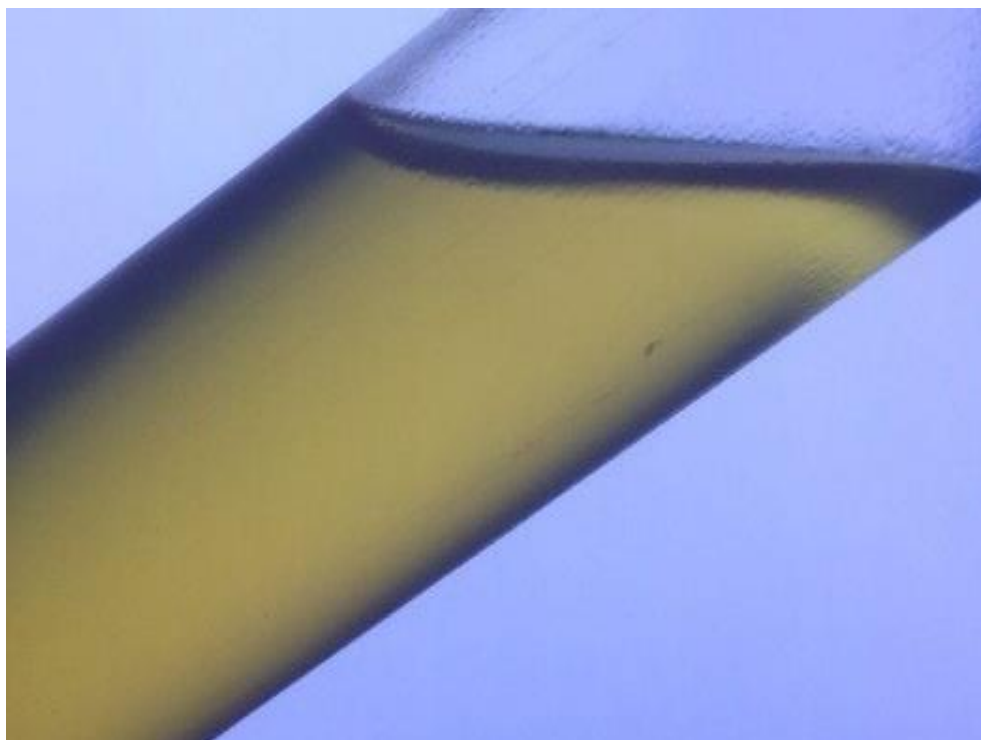


Рисунок 31. Воздействие температуры -20°C на Shell Corena S2-46

Результаты всех проб масел занесены в таблицу 14

Таблица 14. Паспортная и расчетная кинематическая вязкость

Тип масла	Температура застывания масла, °C
Shell Corena S2-46	Не достигнута
Shell Spirax S5	Не достигнута
И-20А	-15

Анализируя полученные данные можно сказать что масло И-20А категорически не подходит для работы в условиях низких температур так как потеряло подвижность. В бытовых условиях масла Shell Corena S2 и

Shell Spirax S5 не достигли ни заданной точки текучести, ни температуры застывания, можно сказать, что данные масла могут функционировать при температурах не менее -20°C .

4. Оценка и разработка схемы контроля рабочих жидкостей

После испытания рабочей жидкости экспресс методом отметим недостатки каждого из них (табл. 15).

Таблица 15. Анализ методов экспресс контроля

Тип контроля	Недостатки	Оценка состояния масла по методу
Загрязненность	Нельзя определить количество частиц загрязнений минимального размера	Можно оценить
Водосодержание	Нельзя использовать при работе с маслами имеющие низкую температуру вспышки, содержащие опасные газы. Возможно нанесение вреда глазам и коже	Можно оценить
Вязкость	Высокая погрешность в результатах из-за множества исходных данных	Можно оценить

Хим. стабильность	Необходимые хим. показатели измеряются лабораторно	Оценивается критическое состояние
Точка текучести	В бытовых условиях нельзя проверить свойства масел имеющих низкие температуры застывания и точки текучести	Нельзя оценить некоторые виды

Занесем применяемые средства и порядок действий испытаний для облегчения работы с ними (табл.16).

Тип контроля	Применяемые средства	Порядок действий
Загрязненность	Бумага фильтр по ГОСТ 11026 или простая альбомная бумага.	Нанести в теплом месте каплю масла на квадрат 50x50 мм фильтровальной бумаги для хим.лабораторий. Положить бумагу горизонтально. Оценивать через 15. 20 мин по рекомендациям на рисунке.

Водосодержание	Металлическая пластина, источник нагревания, термометр, средства защиты глаз и рук.	Нагреть пластину до необходимой величины (температуру фиксировать термометром), нанести каплю образца на нагретую поверхность металла, сравнить состояние капли с оценочными рисунками.
Вязкость	Цилиндрическая емкость, штангенциркуль, линейка, шарик, секундомер	Отметить нижний и верхний уровень прохождения шарика, сделать замеры диаметра шарика, емкости, расстояние падения шарика, узнать плотность масла и шарика. Измерить время падения шарика по отмеченным уровням. Вычислить динамическую и кинематическую вязкость по приведенным формулам
Хим. стабильность	-	Разобрать элементы привода для проверки лакирования поверхностей, взять пробу масла из бака на наличие шламов и загрязнений.

Точка текучести	Прибор понижающий температуру, прозрачная емкость	Поставить пробу масла в прибор понижения температуры на 4 часа. После визуально определить изменение вязкости. При отсутствии движения определить точку предела текучести.
-----------------	---	--

Для удобства пользования методом приведены диаграммы этапов контроля (рис.32-35).

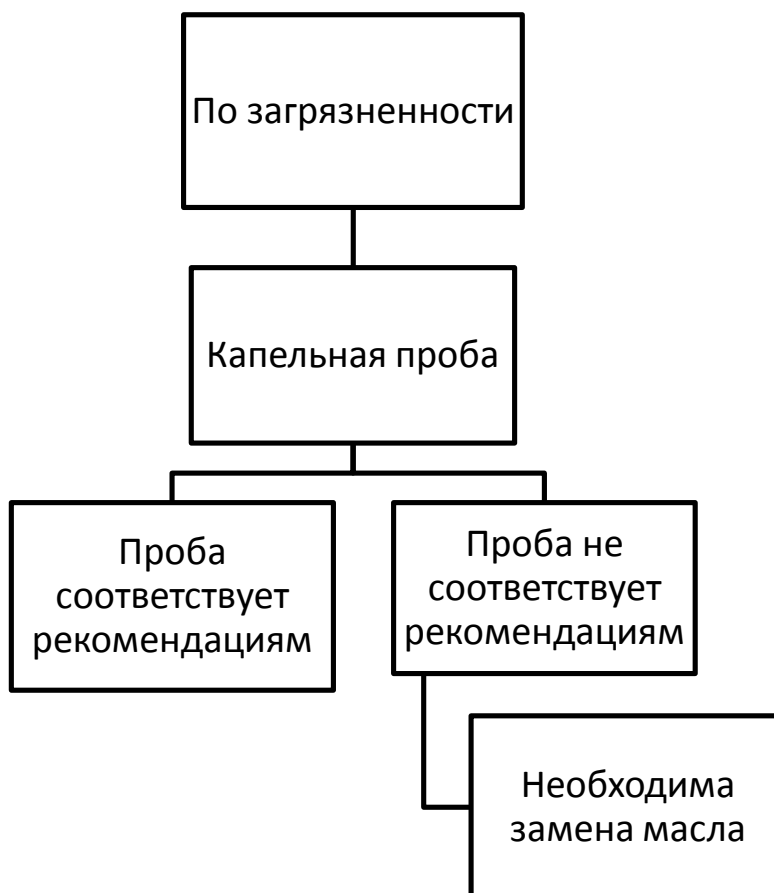


Рисунок 32. Этапы проведения метода контроля по загрязненности

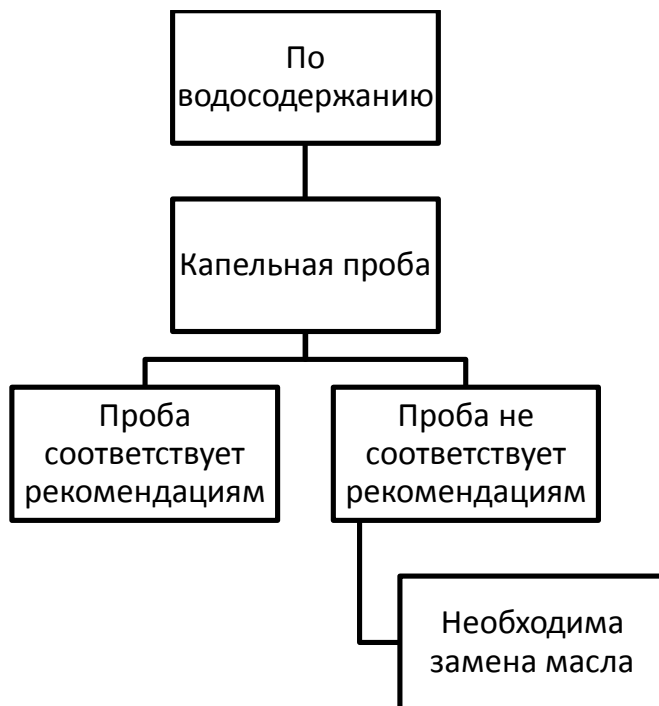


Рисунок 33. Этапы проведения метода контроля по водосодержанию

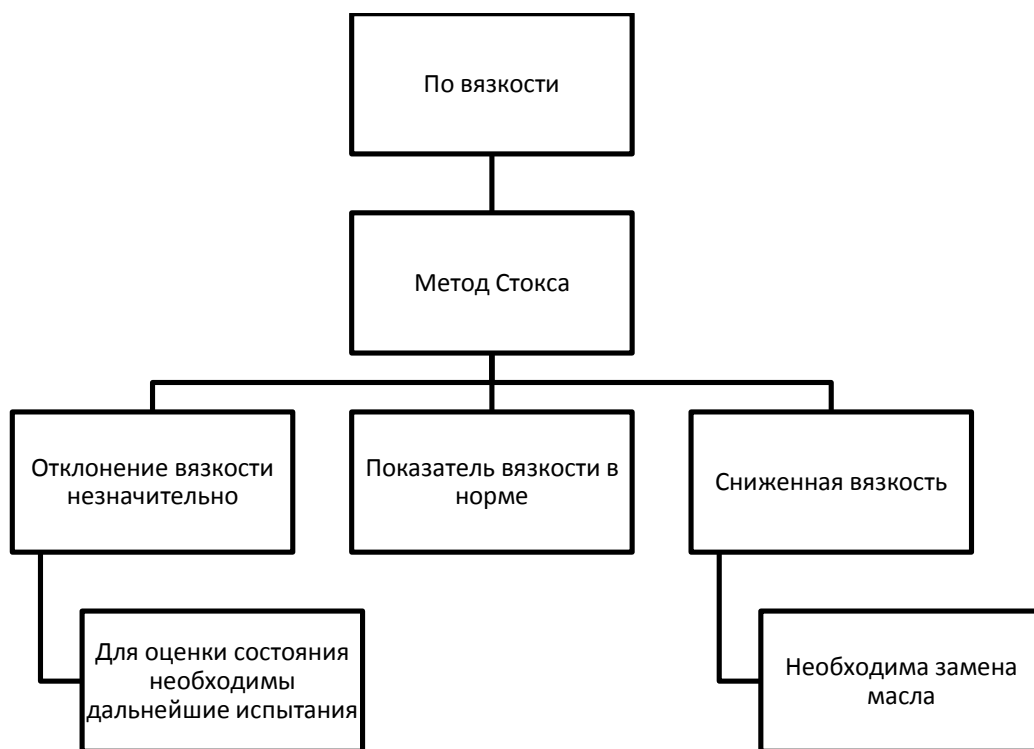


Рисунок 34. Этапы проведения метода контроля по вязкости



Рисунок 35. Этапы проведения метода контроля по хим. стабильности

Анализируя приведенные таблицы делаем вывод, что метод экспресс контроля по 5 параметрам позволяет оценить состояние масла. Число загрязнений, изменение хим. состава, точное содержание воды оценить невозможно, но мы можем дать оценку пригодно ли масло для продолжения работы или нет. В условиях ограниченного функционала персонала обслуживания систем, метод позволит намного эффективнее контролировать рабочую жидкость и обслуживать оборудование. Этапы проведения экспресс методов контроля изображены на рисунках (30-33).

8. Заключение

В заключении стоит еще раз отметить важность контроля качества рабочих жидкостей. Необходимо вести контроль на всех этапах использования и транспортирования жидкости. Особо важно проверять ее качество во время эксплуатации.

Как было отмечено ранее, проверять качество жидкости в специализированных лабораториях есть возможность не у всех предприятий, так как оснащение ее дорогостояще, и не всегда рентабельно.

В связи с этим целесообразно применение экспресс методов контроля состояния рабочих жидкостей. Это сократит время проверки, сэкономит денежные средства предприятия на покупку дорогостоящего оборудования, и поможет продлить срок службы агрегатов.

Проведя испытания жидкостей по экспресс методам, были получены результаты, по которым можно сделать заключение о ее пригодности. Эти методы просты в применении и не требуют больших затрат на оборудование для их проведения.

Подводя итог можно сделать заключение о целесообразности и рентабельности экспресс методов, в силу их простоты и эффективности.

					<i>ЮУрГУ-15.04.02.102.2017 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		76

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Барышев В.И. Надежность и диагностика гидропривода: Учебное пособие. -Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2003 -154 с.
2. ГОСТ 18136-72. Масла. Метод определения стабильности против окисления в универсальном приборе.
3. ГОСТ 32463-2013. Масла. Определение температуры потери текучести методом автоматического наклона.
4. ГОСТ 33-2000. Масла. Определение кинематической и динамической вязкости.
5. Барышев В.И. Применяемость масел в качестве рабочей жидкости гидропривода: Учебное пособие. -Челябинск: Изд-во ЧГТУ, 1993 -71 с.
6. Техническая диагностика гидроприводов /Т.В.Алексеева, В.Д. Бабанская, Т.М. Башта и др.; Под общ. ред. Т.М. Башты.-М: Машиностроение. 1989. – 264с.
7. Шрам В. Г. Исследования пятен износа моторных масел различных базовых основ / В. Г. Шрам, Б. И. Ковальский, О. Н. Петров, Е. Г. Кравцова // Вестник Иркутского государственного технического университета. Иркутск. №3 (74). 2013. С. 92-95.
8. Нефтепродукты. Свойства, качество, применение: Справочник / под ред. Б. В. Лосикова. – М.: Химия, 1966. – 776 с. Матвеевский, Р. М. Температурная стойкость граничных смазочных слоев и твердых смазочных покрытий при трении металлов и сплавов / Р. М. Матвеевский. – М.: Наука, 1971. – 227 с.
9. Арабян, С.Г. Масла и присадки. / С.Г. Арабян, А.Б. Виппер, И.А. Холомонов. – М.: Машиностроение, 1984ю-208с.
10. Соколов, А. И. Измерения качества масел и долговечность автомобильных двигателей / А. И. Соколов. – Томск: Изд-во Томского ун-та, 1976. – 120 с.

					ЮУрГУ-15.04.02.102.2017 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77

11. Маркова Л.В. Современные требования к контролю работоспособности масла. / Л.В. Маркова, Н.К. Мышкин, Х. Конт и др. // Трение и износ. – 2002. Т.23. №4. С. 425-435.

12. «Диагностика состояния масла в по моеющее диспергирующим свойствам капельной пробы». Дунаев А.В. ГОСНИТИ

13. «Оценки и выбраковки моторного масла по капельной пробе» Авторское свидетельство СССР №201768, МПК 7 G01N 31/05 / Н.С.Пасечников, Н.М.Хмелевой

14. «Деградация моторного масла дизельного ДВС» Журнал « Автомобильный транспорт» №6. 2001г

15. [URL:http://helpiks.org/7-73638.html/](http://helpiks.org/7-73638.html/).

16.[URL:http://www.istu.edu/docs/science/2014/gefence/2014_15/vlasov/diss.pdf](http://www.istu.edu/docs/science/2014/gefence/2014_15/vlasov/diss.pdf)

17.[URL:http://gpi24.ru/articles/view/nizkotemperaturnye_svoystva_masla/](http://gpi24.ru/articles/view/nizkotemperaturnye_svoystva_masla/).

					ЮУрГУ-15.04.02.102.2017 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		78