

## АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ РАБОЧИХ ЖИДКОСТЕЙ ГИДРОСИСТЕМ

*Макалада гидросистемалардын суюктугунун бөлүкчөлөрүнүн санын жана өлчөмдөрүн аныктоочу түзүлүштөрдүн анализи жүргүзүлгөн.*

*В данной статье проведен анализ существующих устройств для определения размеров и числа частиц в жидкости гидросистем.*

*In given article the analysis of existing devices for definition of the sizes and number of particles in a liquid of hydrosystems is carried out.*

Рабочая жидкость в гидроприводе является рабочей средой, с помощью которой энергия передается от ведущего звена (насоса) к ведомому (гидродвигателю). Кроме того, рабочая жидкость является смазывающей и антикоррозийной средой и выполняет еще ряд чрезвычайно важных функций, определяющих эксплуатационные свойства и технические показатели гидропривода.

Под эксплуатационными свойствами принято понимать способность рабочих жидкостей обеспечивать надежную работу гидравлического оборудования в процессе эксплуатации, а также сохранять текучесть при перекачке и стабильные показатели качества при хранении и транспортировке.

Механические примеси – это вещества, находящиеся в масле во взвешенном состоянии. Содержание их в масле крайне нежелательно и вредно. Все происходящие в масле изменения в процессе работы двигателя вызываются накоплением в масле различных инородных веществ (рис.1).

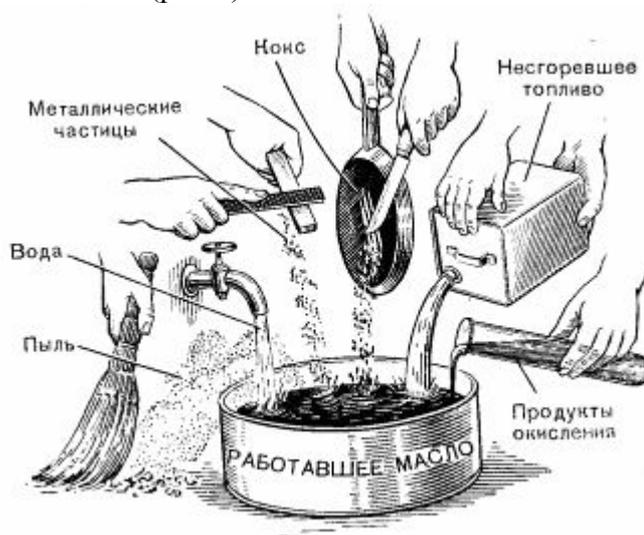


Рис.1. Продукты загрязнения масла при работе двигателя

В двигателе масло расходуется и загрязняется, что заставляет держать систему смазки под строгим контролем, регулярно доливать свежее масло, следить за тем, как изменились свойства работающего масла, и своевременно полностью заменять отработанное масло свежим в строгом соответствии с маркой используемого масла /1, 2/.

1. Экспресс-анализатор для определения концентрации загрязнений в маслах и рабочих жидкостях гидросистем строительно-дорожных машин.

Экспресс-анализатор состоит из цилиндрического корпуса, в котором установлен привод ротора. На роторе жестко закреплены призмы, в которых устанавливается четыре

конусные стаканы, заполненные пробами рабочей жидкости. Конусные стаканы снабжены стеклянными концентраторами, которые предназначены для сбора осаждаемых механических примесей. Ротор с конусными стаканами при работе закрывается крышкой, в центральной части которой установлен тормоз, предназначенный для быстрой остановки ротора после отключения привода анализатора. В качестве привода вращения ротора может быть использован электродвигатель или гидромотор.

Классы чистоты жидкости должны выбираться из табл.1.

Таблица 1

Классы чистоты жидкостей

Классы чистоты жидкостей	Число частиц загрязнений в объеме жидкости 100±0, 5 см <sup>3</sup> не более, при размере частиц мкм									Масса загрязнения, %, не более
	От 0,5 до 1	Св.1 до 2	Св.2 до 5	Св.5 до 10	Св.10 до 25	Св.25 до 50	Св.50 до 100	Св.100 до 200	Волокна	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
9	Не нормируется			8000	4000	400	50	12	4	0,0006
10	Не нормируется			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	500	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

Экспресс-анализатор также позволяет определять содержание воды в рабочей жидкости, которая при работе анализатора выделяется над загрязнением. По высоте столба воды в концентраторе определяется процентное содержание воды в рабочей жидкости. Проведение анализа рабочей жидкости позволяет сделать заключение о ее техническом состоянии.

**Тарировка анализатора**

Объем осажденных загрязнений в канале концентратора определяется по зависимости

$$V_3 = \frac{\pi \cdot d_k^2}{4} \cdot h_3,$$

где  $d_k$  - диаметр канала концентратора, мм;  $h_3$  - высота столба загрязнений, мм.

Плотность осажденных загрязнений  $\rho_3$  необходимо определить при тарировочных испытаниях прибора, используя формулу

$$\rho_3 = \frac{m_3}{V_3},$$

где  $m_3$  - масса осажденных загрязнений, г ;  $\rho_3$  - плотность осажденных загрязнений, г/см<sup>3</sup>.

При последующей работе с прибором величину  $\rho_3$  считать постоянной. Тогда массу осажденных загрязнений можно будет определять по зависимости

$$m_3 = \rho_3 \cdot h_3 \frac{\pi d_k^2}{4}$$

Так как величины  $\rho_3$  и  $d_k$  будем считать постоянными для данного прибора, то величина массы осажденных загрязнений будет являться функцией от высоты столба загрязнений, т.е.

$$m_3 = f(h_3)$$

Для определения концентрации загрязнений в процентах по массе согласно ГОСТ 17216-71 величину  $m_3$ , приходящуюся к объему пробы, равной 100 г, приводим к I:

$$Xm\% = m_3 \cdot 10^4$$

где  $Xm\%$  - концентрация загрязнений в процентах по массе. Отсюда

$$Xm\% = 10^4 \rho_3 \cdot h \frac{\pi d_k^2}{4}$$

По данной зависимости строится тарировочный график  $Xm\% = f(h_3)$  для данного прибора. При дальнейшей работе с прибором тарировочный график используется для определения концентрации загрязнений, зная высоту столба загрязнений  $h_3$ . Высота столба загрязнений может быть определена с помощью микроскопа МИБ-2 /3/.

## 2. Устройства для определения размеров и числа частиц в жидкости.

Изобретение относится к контрольно-измерительной технике и предназначено для автоматизированного измерения размеров и числа частиц в проточных средах, в объемах технологических аппаратов, для оценки качества и эффективности технологических процессов. Принцип работы устройства состоит в сканировании изображения дисперсной среды, протекающей в трубопроводе, посредством многоэлементного регулярного световода, оптической фокусирующей системы и регистрирующего элемента на основе ПЗС-матрицы (прибор с зарядовой связью).

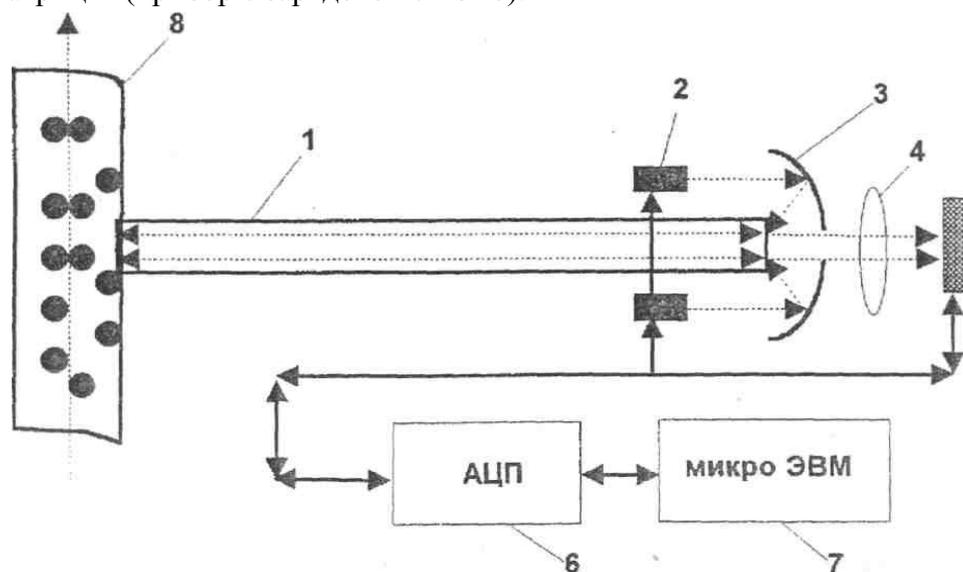


Рис.2. Схема устройства

Предлагаемое техническое решение содержит следующие конструктивные элементы (см. рис.2): регулярный многоэлементный световод 1, элементы импульсной подсветки 2, параболическое зеркало с отверстием в центре 3, фокусирующую систему 4, ПЗС-матрицу (прибор с зарядовой связью) 5, модуль быстродействующего аналого-цифрового преобразователя 6, управляющую микроЭВМ 7.

Устройство работает следующим образом.

Исследуемый поток жидкости, протекающий по трубопроводу 8, контактирует с многоволоконным регулярным световодом 1. Импульсы оптического излучения, генерируемые источником 2, фокусируются при помощи параболического зеркала 3 на торце световода, создавая тем самым равномерную подсветку исследуемой среды. Отраженное излучение через отверстие в геометрическом центре параболического зеркала 3 фокусируется оптической системой 4 на ПЗС-матрицу 5, создавая тем самым на ее поверхности проекцию исследуемой среды, при этом импульсы подсветки совпадают с фазой накопления заряда на ПЗС-элементе 5, что позволяет задавать время экспозиции исследуемой среды с помощью длительности импульса подсветки, которая не должна превышать периода накопления заряда. В зависимости от скорости тока среды в трубопроводе 8, можно в широких пределах варьировать длительность и мощность импульса подсветки. Далее аналоговый сигнал с ПЗС-фотоприемника 5 преобразуется к цифровому виду при помощи модуля быстродействующего аналого-цифрового преобразователя 6 и поступает для дальнейшей обработки в микроЭВМ 7. МикроЭВМ 7 координирует работу всех узлов системы, а именно: устанавливает оптимальную длительность импульса подсветки и его мощность в зависимости от параметров исследуемой среды, управляет процессом оцифровки сигнала с ПЗС-матрицы. Применение для обработки сигнала микроЭВМ позволяет получать информацию не только о счетном количестве и среднем размере частиц, но и о форме каждой отдельной частицы /4/.

3. Способ определения концентрации ферромагнитных частиц в жидкости и магнитной восприимчивости в диапазоне СВЧ.

Изобретение относится к способам измерения концентрации дисперсных систем и может быть использовано для контроля и регулирования концентрации ферромагнитных частиц в жидкости в процессе производства изделий из ферромагнитных материалов, например ферритов и магнитодиэлектриков, в химической и других областях промышленности. Сущность изобретения заключается в том, что в способе измерения концентрации ферромагнитных частиц в жидкости, включающем помещение сосуда с жидкостью в высокочастотное электромагнитное и постоянное магнитное поля и последующую регистрацию изменения параметров, характеризующих высокочастотное излучение, падающее высокочастотное излучение линейно поляризуют, направление вектора напряженности постоянного магнитного поля совмещают с направлением распространения излучения в жидкости, измеряют длину пути излучения в жидкости. При стабилизации оптимальной величины угла поворота плоскости поляризации при помощи постоянного магнитного поля, создаваемого соленоидом подмагничивания, по току подмагничивания определяют концентрацию ферромагнитных частиц. Напряженность постоянного магнитного поля увеличивают до граничной величины  $H_{ог}$  - момента изменения поляризации выходной волны от линейной к вращающейся, определяют магнитную восприимчивость ферромагнитных частиц и в последующих измерениях концентрации ферромагнитных частиц вносят коррекцию на изменение магнитной восприимчивости. Недостатком вышеописанных способов и устройства являются невозможность определения химического состава ферромагнитных частиц в жидкости и погрешность измерения концентрации из-за изменения магнитной восприимчивости, зависящей от химического состава ферромагнитных частиц.

Способ измерения концентрации ферромагнитных частиц в жидкости, включающий помещение сосуда с жидкостью в высокочастотное электромагнитное и

постоянное магнитное поле и последующую регистрацию изменения параметров, характеризующих высокочастотное излучение, падающее высокочастотное излучение линейно поляризуют, направление вектора напряженности постоянного магнитного поля совмещают с направлением распространения излучения в жидкости, измеряют длину пути излучения в жидкости, при стабилизации оптимальной величины угла поворота плоскости поляризации при помощи постоянного магнитного поля, создаваемого соленоидом подмагничивания, по току подмагничивания определяют концентрацию ферромагнитных

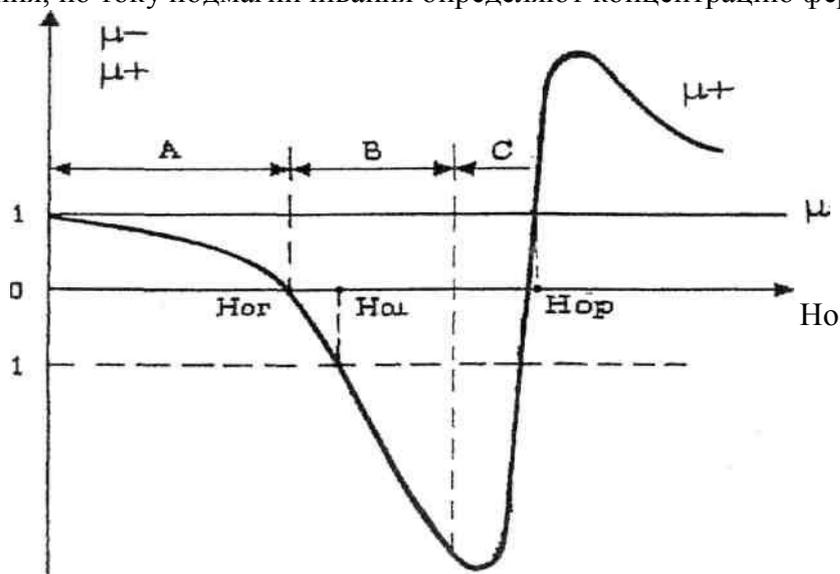


Рис.3. Диаграмма метода определения загрязненности:  $\mu^+$  - относительная магнитная проницаемость ферромагнитных частиц для право поляризованной волны;  $\epsilon$  - относительная диэлектрическая проницаемость ферромагнитных частиц;  $H_0$  - напряженность постоянного магнитного поля;  $C$  - относительная концентрация ферромагнитных частиц в жидкости;  $l$  - длина пути электромагнитной волны в жидкости с ферромагнитными частицами

частиц, отличающийся тем, что напряженность постоянного магнитного поля увеличивают до граничной величины  $H_{0г}$  - момента изменения поляризации выходной волны от линейной к вращающейся и определяют магнитную восприимчивость ферромагнитных частиц и в последующих измерениях концентрации ферромагнитных частиц вносят коррекцию на изменение магнитной восприимчивости.

Величина  $B$  является постоянной величиной и зависит от величины  $H_0$ , т.е. от величины тока подмагничивания  $I$ . Тогда при фиксированной длине  $l$  угол поворота в зависит от измеряемой величины тока соленоида, магнитной восприимчивости и величины  $C$ :

$$\beta = \Phi(I, x, C).$$

При стабилизации оптимальной величины в ток подмагничивания есть мера концентрации ферромагнитных частиц в жидкости и их магнитной восприимчивости:

$$I = \Phi(C, x).$$

С учетом того, что в зоне  $A$  (см. рис.3)  $\mu \approx 1$ , тогда угол поворота плоскости поляризации будет зависеть от величины относительной магнитной проницаемости для правополяризованной волны. На основании Тимошенко А.Н., Пономаренко В.И. Обобщенная формула для расчета электромагнитных констант среды со сферическими включениями //Радиотехника и электроника. - 1996. - Т. 41. - № 4. - С. 412-415 и Рабкин А.И. Высокочастотные ферромагнетики. - М.: ФМГИ, 1960 относительная магнитная проницаемость смеси ферромагнитных частиц и жидкости-носителя имеет вид

$$\mu_{\text{см}}^+ = \left[ 1 - \frac{\omega_{\text{H}}}{\omega - \omega_{\text{O}}} \right]_{\text{с}},$$

где  $\omega_{\text{H}} = K_{\text{r}} \cdot M_{\text{H}}$  - частота магнитного насыщения;  $M_{\text{H}} = \chi \cdot H_{\text{ОРЕЗ}}$  - намагниченность насыщения;  $\chi$  - магнитная восприимчивость;  $\omega = k_{\text{r}} \cdot H_{\text{ОРЕЗ}}$  - частота свободной прецессии вектора магнитного момента в постоянном магнитном поле, зависящая от величины  $H_{\text{O}}$ :  $k_{\text{r}} = 2,21 \cdot 10^5$  м/А·с - гиромагнитное отношение;  $H_{\text{O}} = K_1 \cdot I_{\text{подм}}$  - величина поля подмагничивания как функция параметров соленоида и тока подмагничивания;  $k_i$  - коэффициент пропорциональности, зависящий от геометрических размеров соленоида подмагничивания и числа витков  $W$  на единицу длины. Следовательно, на основании вышеуказанного фиксированный оптимальный угол поворота плоскости поляризации при фиксированных длине  $l$  и относительной диэлектрической проницаемости смеси  $\gamma$  будет зависеть:

$$\theta = \Phi(\chi, C).$$

Для того чтобы уменьшить погрешность измерений концентрация из-за нестабильности магнитной восприимчивости ферромагнитных частиц, необходимо вносить поправку на нестабильность магнитной восприимчивости.

При увеличении величины  $H_{\text{O}}$  до значения  $H_{\text{O}} = H_{\text{Oг}}$  (граничное) (см. рис. 3) произойдет процесс изменения поляризации выходной волны от линейной к круговой, так как при  $H_{\text{Oг}}$   $\mu^+ = 0$  и правополяризованная волна вытесняется из объема ферромагнитной жидкости, быстро ослабляясь или поглощаясь в поверхностном слое. Через ферромагнитную жидкость проходит волна с  $\mu_{\text{см}}^-$  вращающейся поляризацией. Момент перехода поляризации индицируется, определяется  $I_{\text{r}}$ , который является мерой магнитной восприимчивости. Величина  $\mu_{\text{см}}^+$  становится равной нулю:

$$\mu_{\text{см}}^+ = \left[ 1 - \frac{\chi \cdot H_{\text{ОРЕЗ}}}{H_{\text{ОРЕЗ}} = H_0^{(1)}} \right]_{\text{с}} = 0$$

(независимо от величины  $C$ ) при значении

$$\chi \cdot H_{\text{ОРЕЗ}} = H_{\text{ОРЕЗ}} - H_0(I); \quad K_1 \cdot I_{\text{r}} = \frac{\omega_0^{(\omega)} H_{11}}{K_{\text{r}}} \cdot (1 - \chi).$$

Величина граничного тока (при  $\omega(\omega H_{11}) = \text{const}$ ):

$$I_{\text{r}} = \frac{2\pi f_0}{K_{\text{r}} \cdot K_{\text{r}}} \cdot (1 - \chi) = K \cdot (1 - \chi)$$

прямо пропорциональна величине  $\chi$ , не зависящей от концентрации и определяемой только химическим составом (видом) ферромагнитных частиц /5/.

### Список литературы

1. Васильева Л.С. Автомобильные эксплуатационные материалы. - М.: Транспорт, 1986. - 452 с.
2. Обельницкий А.М. Топливо и смазочные материалы. - М.: Высшая школа, 1982. - 386 с.
3. Методические указания к проведению лабораторных работ /Сост.: А.А.Асанов, И.О.Фролов, В.В. Костин. - Бишкек: КГУСТА, 1990. - 27 с.

4. Леонов Г.В., Андриевский А.В. Устройство для определения размеров и числа частиц жидкости. Патент РФ № 2149380. - Бюл.изобр. 2001. - № (11).
5. Суслин М.А., Федюнин П.А. и др. Способ определения концентрации ферромагнитных частиц в жидкости и магнитной восприимчивости в диапазоне СВЧ. Патент РФ № 2170418 С2. – Бюл.изобр. – 2001. - № 11.