

Теплообменник (ТО) предназначен для уменьшения температуры жидкости до значения, допускающего проход жидкости через датчик. В качестве теплообменника может быть использован микрохолодильник или радиатор. Далее, предварительно погасив возможные пульсации потока в гасителе пульсаций (ГП), РЖ проходит через фотоэлектрический ДВК регистрирующий размеры частиц износа в ней. Расходомер (РМ) предназначен для определения концентрации частиц. После чего жидкость попадает в линию слива (ЛС).

Основное преимущество данной схемы включения ДВК состоит в возможности измерения температур рабочей жидкости благодаря применению теплоотводящего радиатора. Недостатки связаны со сложностью схем подключения датчиков. Введение в схему редуктора для понижения давления в магистрали приведет к нарушению изокинетичности отбора пробы. Кроме того, из-за применения в схеме достаточно протяженной отводящей магистрали возможно осаждение на ее стенках находящихся в жидкости частиц износа.

Список использованных источников

1. Логвинов Л.М. Техническая диагностика жидкостных систем технологического оборудования по параметрам рабочей жидкости. - М: ЦНТИ "Поиск", 1992.-91с.
2. Бербер В.А. Обеспечение и контроль промышленной чистоты изделий авиационной техники. Автореф. дис. на соиск. Учен. степени д-ра техн. наук. - Киев 1983.
3. Никитин Г.А., Чирков СВ. Влияние загрязненности жидкости на надежность работы гидросистем летательных аппаратов. - М.: Транспорт, 1969. - 184с.
4. Громаковский Д.Г., Логвинов Л.М. Исследования параметров частиц износа генерируемых в процессе трения // Трение и износ, 1996, т XVII, №1. - С. 94-99.
5. Fitch E.C. Fluid Contamination Control // Technology transfer Series #4 Oklahome, FFS, INC. 1988. - 433p.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ АППРОКСИМАТИВНОГО АНАЛИЗА В ЗАДАЧАХ ПОВЫШЕНИЯ РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ ВСТРОЕННОГО КОНТРОЛЯ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ В ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

К.Ю. Мальчиков

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самар

Значительное распространение гидравлических систем (ГС) в изделиях авиационной и космической техники, а также расширение круга решаемых ими функциональных задач, накладывают повышенные требования

обеспечению надежности как отдельных узлов, так и систем в целом. В наибольшей степени эти требования относятся к узлам ГС, работающим в условиях, связанных с повышенным уровнем динамических нагрузок, высокими температурой и давлением рабочей жидкости, значительным уровнем вибрации и пульсации [1]. Такие системы нуждаются в постоянной диагностике их технического состояния.

Функциональная диагностика узлов ГС связана с обработкой экспериментальных данных о гранулометрическом составе частиц износа в рабочей жидкости, поступающих с выхода датчиков встроенного контроля (ДНК) параметров частиц износа. С помощью современных фотоэлектрических ДВК, таких как диагностическая система «Фотон-965» (номер в гос. реестре 32924-06), разработанная сотрудниками ОНИЛ-16 ЦАУ, можно с достаточной степенью точности регистрировать частицы износа размером более 5 мкм [1]. Однако в последние годы наметилась тенденция к увеличению рабочего давления в магистралях ГС и, как следствие, к уменьшению зазоров между парами трения трибомеханических узлов. В связи с этим возникла необходимость в контроле частиц износа значительно меньшего размера (1-5 мкм). Как показал анализ современных методов и средств контроля уровня чистоты рабочей жидкости ГС, разработка средств регистрации частиц износа столь малых размеров, которые могли бы работать в экстремальных условиях, затруднительна, и требует значительных материальных затрат.

Для решения поставленной задачи можно применять современные методы обработки экспериментальных данных. Одним из таких методов является применение математического аппарата аппроксимативного анализа [1].

Для аналитического описания дисперсного состава частиц загрязнения в рабочей жидкости наиболее подходящим способом является описание в виде плотности распределения. Знание закона позволяет решать широкую группу как теоретических, так и прикладных задач, например, обоснованно коррелировать дисперсный состав по всему необходимому диапазону размеров частиц, или по данным весового распределения вычислять распределение частиц по их числу, объему и т.п.

Известно, что распределение размеров частиц измельченных материалов (в том числе и частиц износа в рабочей жидкости ГС) приближается логарифмически нормальному закону распределения [2, 4], который имеет вид:

$$f_{\alpha}(x, \alpha, \sigma) = \frac{1}{x\sigma_x\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln x - \alpha)^2}{2\sigma_x^2}} \quad (1)$$

в функции от двух параметров α и σ_x , представляющих собой натуральные логарифмы математического ожидания и среднеквадратического отклонения соответственно.

Задача аппроксимации состоит в определении оптимальных значений параметров α и σ_x , таким образом, чтобы выполнялось условие минимум суммы квадратов отклонений измеренных значений – вероятности появления частицы, размер которой соответствуют j -му дифференциальному коридор от соответствующих значений аппроксимирующей функции.

Для решения задачи определения неизвестных параметров функции воспользуемся методом наименьших квадратов. При этом должно выполняться условие минимума квадратической погрешности:

$$\Delta = \sum_{j=1}^M [\hat{f}_j(\bar{x}_j) - f_a(\bar{x}_j, \alpha, \sigma)]^2 \rightarrow \min, \quad 2$$

где $\hat{f}_j = \frac{y_j}{y_x}$ – вероятность попадания частицы в j -й дифференциальный

коридор; y_x – общее количество частиц износа.

Условием выполнения данного соотношения будет являться решение системы уравнений:

$$\begin{cases} \frac{\partial \Delta}{\partial \alpha} = \sum_{j=1}^M [\hat{f}_j(\bar{x}_j) - f_a(\bar{x}_j, \alpha, \sigma)] \frac{\partial f_a(\bar{x}_j, \alpha, \sigma)}{\partial \alpha} = 0 \\ \frac{\partial \Delta}{\partial \sigma} = \sum_{j=1}^M [\hat{f}_j(\bar{x}_j) - f_a(\bar{x}_j, \alpha, \sigma)] \frac{\partial f_a(\bar{x}_j, \alpha, \sigma)}{\partial \sigma} = 0. \end{cases} \quad 3$$

Данную систему можно решить с помощью численных методов, например, методом Ньютона. В этом случае итеративная формула для нахождения корней системы уравнений (3) и определения неизвестных параметров α и σ_x примет вид:

$$\alpha_{n+1} = \alpha_n - \frac{1}{\Delta'} \left[\frac{\partial f_2}{\partial \sigma_n} f_1(\alpha_n, \sigma_n) - \frac{\partial f_1}{\partial \sigma_n} f_2(\alpha_n, \sigma_n) \right], \quad 4$$

$$\sigma_{n+1} = \sigma_n - \frac{1}{\Delta'} \left[\frac{\partial f_1}{\partial \alpha_n} f_1(\alpha_n, \sigma_n) - \frac{\partial f_2}{\partial \alpha_n} f_2(\alpha_n, \sigma_n) \right], \quad 5$$

$$\text{где } \Delta' = \frac{\partial f_1}{\partial \alpha} \frac{\partial f_2}{\partial \sigma} - \frac{\partial f_1}{\partial \sigma} \frac{\partial f_2}{\partial \alpha}.$$

Таким образом, применяя алгоритм (2-5) можно определять оптимальные значения параметров α и σ_x аппроксимирующей функции (1) экспериментальным данным \hat{f}_j .

Для апробации алгоритма был проведен машинный эксперимент, ходе которого производилась аппроксимация сгенерированного случайного процесса с параметрами $\alpha=2,79$ и $\sigma_x=1,01$. В результате выполнения

и ортима были получены оптимальные значения параметров широкосимметричной функции (1) $\alpha=2,78$ и $\sigma_x=1,17$. При этом среднеквадратическая погрешность составила значение $\Delta=0,00026$. Результат широкосимметричной аппроксимации представлен на рис. 1.

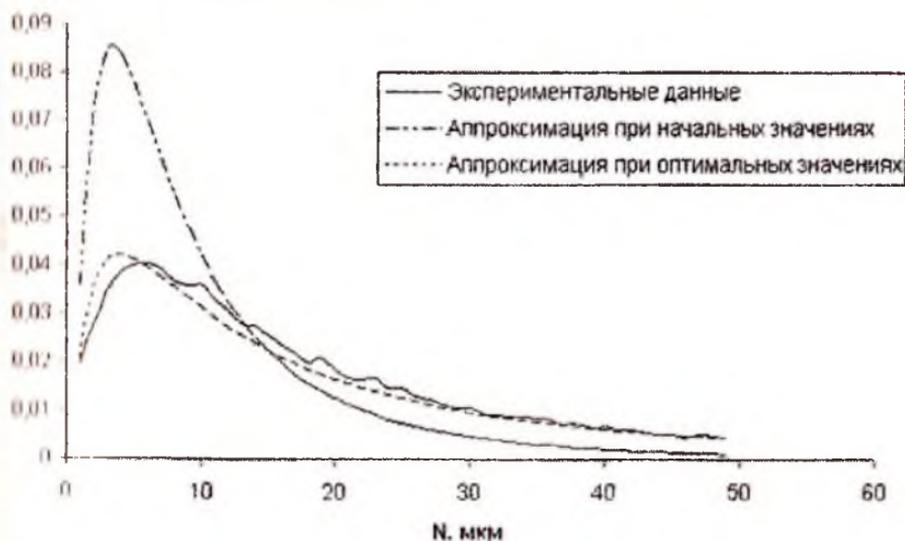


Рис.1. Аппроксимация распределения частиц износа в рабочей жидкости

Для прогнозирования распределения частиц износа в рабочей жидкости размером менее 5 мкм по известному распределению частиц размером более 5 мкм воспользуемся аппроксимацией параметрическими моделями. Для решения задачи аппроксимации опытных данных функцией (1) в диапазоне размеров частиц износа более 5 мкм системы уравнений (3) недостаточны, так как в этом случае значения распределения дисперсного потока частиц износа в диапазоне менее 5 мкм неизвестны. Это значительно усложняет задачу аппроксимации, поскольку при этом величина u_{Σ} (общее количество частиц в исследуемом диапазоне) в выражении (2) также становится неизвестной. В результате в системе уравнений (3) появляется третья неизвестная величина, и для того, чтобы систему можно было решить, необходимо включить в нее еще одно уравнение. В качестве такого уравнения целесообразно использовать условие нормировки для плотности вероятности:

$$\sum_{j=1}^M [f(x_j, \alpha, \sigma_x) \cdot \Delta x_j] = 1. \quad (6)$$

В этом случае система уравнений (3) примет вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial \Delta}{\partial \alpha} = \sum_{j=1}^M [\hat{f}_x(\bar{x}_j) - f_a(\bar{x}_j, \alpha, \sigma)] \frac{\partial f_a(\bar{x}_j, \alpha, \sigma)}{\partial \alpha} = 0; \\ \frac{\partial \Delta}{\partial \sigma} = \sum_{j=1}^M [\hat{f}_x(\bar{x}_j) - f_a(\bar{x}_j, \alpha, \sigma)] \frac{\partial f_a(\bar{x}_j, \alpha, \sigma)}{\partial \sigma} = 0; \\ \sum_{j=1}^M [f(x_j, \alpha, \sigma_x) \cdot \Delta x_j] = 1. \end{array} \right. \quad 7$$

Решив эту систему уравнений аналогично тому, как это делалось при решении задачи аппроксимации на всем интервале, и определив соответствующие оптимальные значения параметров аппроксимирующей функции α и σ_x можно рассчитать распределение дисперсного состава частиц размером менее 5 мкм, что, как было отмечено ранее, является важной научной задачей.

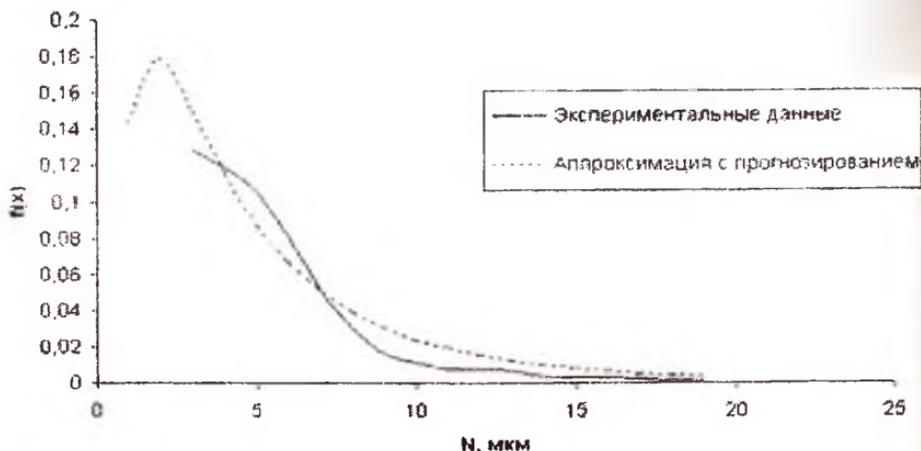


Рис. 2. Прогнозирование распределения частиц износа в рабочей жидкости

Для апробации данного алгоритма в ОНИЛ-16 СГАУ были получены экспериментальные данные о распределении частиц износа. Решая задачу прогнозирования распределения, были получены результаты, приведенные на рис. 2.

Список использованных источников

1. Логвинов Л.М. Техническая диагностика жидкостных систем технологического оборудования по параметрам рабочей жидкости. — М: ЦНТИ "Поиск", 1992.-91с.
2. Колмогоров А. Н. О логарифмически нормальном законе распределения размеров частиц при дроблении / Доклады АН СССР. 1941. Т. 31. С. 99—101.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ В ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТАХ С УЧЕТОМ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

С.А. Матюнин, В.Д. Паранин

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

Электрооптические кристаллы (ЭОК) применяются для создания электрооптических элементов и устройств различного назначения: быстродействующих амплитудных и фазовых модуляторов оптического излучения, дефлекторов, коммутаторов, перестраиваемых спектральных фильтров, в планарном и объемном исполнениях.

При проектировании оптических элементов на основе ЭОК в большинстве случаев используются простые одномерные распределения упрощающего электрического поля, имеющего практически на 100% продольный или поперечный характер по отношению к направлению распространения оптического излучения, выбираются частные случаи ориентации оптических осей ЭОК, положения волнового вектора световой волны, направления действия электрического поля. Подобная практика снижает трудоемкость проектирования, сложность математических расчетов, однако не позволяет создать элементы и устройства с оптимальными рабочими параметрами.

Целью настоящей работы является создание обобщенной математической методики расчета показателя преломления для произвольных направлений распространения световой волны, состояния поляризации и ориентации оптических осей ЭОК в трехмерном упрощающем электрическом поле.

Для описания пространственных электрических полей и оптических осей кристалла введем понятия системы координат кристалла (СКК) и системы координат электрического поля (СКЭП).

Координатной системой СКК служит ортонормированный базис векторов $x_2y_2z_2$, параллельных оптическим осям ЭОК, причем вектор z_2 совпадает с осью оптической анизотропии.

Система СКЭП является фиксированной системой координат с ортогональными направляющими $x_1y_1z_1$, в которой задаются величины и направления внешних электрических полей, геометрия и ориентация управляющих электродов, направление распространения световой волны, т.е.