

длительность — о скорости течения. Зная скорость течения и площадь сечения канала протекания жидкости, возможно определение расхода через него, а значит и объема проанализированной пробы. ГОСТ 17216-200 предписывает определение числа частиц в 100 мл жидкости, таким образом в датчике ФОТОН-965 определяется время анализа.

Одним из факторов, влияющих на точность определения концентрации частиц является зависимость скорости частицы от координаты прохождения измерительного объема вследствие параболического профиля скоростей в канале прямоугольного сечения. При концентрациях порядка 1500 частиц в мл такая ошибка нивелируется за счет усреднения. Однако, она может быть значительной при малом числе частиц в гидросистеме, что имеет место в аэрокосмической технике. Одним из решений проблемы может являться вычисление уточненной скорости частицы за счет определения координат пролета двумя взаимно перпендикулярными матричными фотоприемниками. В данной работе проведено математическое моделирование, целью которого было определение величины снижения погрешности за счет использования матриц MT9V032C12STM. Для наихудшего случая при пролете частицы вдоль стенки ее скорость составит 0,1 м/с, тогда как в центре 2,2 м/с погрешность может составить десятки раз. Однако следует отметить, что в реальности импульсы от частиц редко отличаются на порядок, что очевидно следует из реальных условий.

## **ВСТРОЕННЫЙ КОНТРОЛЬ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ В ГИДРОСИСТЕМАХ ИЗДЕЛИЙ АВИАЦИОННОЙ И КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ**

Л.М. Логвинов, М.А. Ковалев, К.Ю. Мальчиков

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

В современной авиационной и космической технике гидравлические системы (ГС) получили очень большое распространение. Значительное усложнение их структур, связанное с расширением круга решаемых ими функциональных задач, предопределяет повышенные требования к надежности, как отдельных узлов, так и ГС в целом. В наибольшей степени эти требования относятся к узлам ГС, работающим в экстремальных условиях, связанных с повышенным уровнем динамических нагрузок, высокой температурой и давлением рабочей жидкости, значительным уровнем вибрации и пульсации. Такие системы нуждаются в постоянной диагностике их технического состояния.

Особого внимания заслуживает проблема оперативного контроля уровня чистоты жидкости, особенно в агрессивных условиях эксплуатации,

связанных с высокой температурой, давлением, повышенной вибрацией и др. Оперативный контроль технического состояния гидросистем позволяет существенно повысить ресурс, как отдельных узлов, так и агрегатов в целом за счет своевременной замены фильтров и самой рабочей жидкости, а также значительно снизить стоимость эксплуатации за счет перехода от обслуживания по времени наработки на отказ к обслуживанию по их фактическому состоянию [1, 2, 3, 6].

Одним из критериев такой диагностики является определение уровня чистоты внутренних поверхностей ГС по степени загрязненности применяемой в ней рабочей жидкости [1, 2, 3]. Частицы загрязнения – один из главных источников отказов гидравлических систем. Анализ отказов и нарушений работ гидропривода показывает, что около 80% из них выходят из строя вследствие износа основных деталей, вызываемого недопустимым загрязнением рабочей жидкости. Поэтому, контроль степени загрязнения гидравлической жидкости является одной из основных задач, которую предстоит решить при диагностике состояния гидравлической системы [1, 4]. Анализируя современные достижения в области диагностики технического состояния гидросистем по параметрам частиц загрязнения рабочей жидкости можно сделать вывод, что, несмотря на определенные успехи в данной области, проблема все же остается открытой. Это связано со сложностью контроля параметров частиц износа в рабочей жидкости и необходимостью разработки новых и модификации уже существующих методов и средств контроля уровня загрязнения.

До недавнего времени единственным способом контроля уровня загрязнения рабочей жидкости был анализ отобранной пробы. Основным недостатком данного метода является высокий уровень методической погрешности контроля, связанный с самим способом отбора пробы, обеспечением необходимого уровня чистоты посуды для отбора пробы и наличием «фильтрующего эффекта», обусловленного малым зазором в пробоотборном кране [1]. Кроме того, данный метод не дает возможности получать результаты контроля в реальном времени, что значительно снижает эффективность производимого контроля.

Значительно большую точность контроля дает метод, основанный на применении датчиков встроенного контроля (ДВК) [1, 4] технического состояния гидравлических систем по изменению уровня загрязнения жидкости по параметрам частиц износа (в частности, фотоэлектрических ДЧК) [1].

Данный метод, в основе которого лежит внутренний пробоотбор, позволяет отказаться от традиционного отбора пробы жидкости, что дает возможность повысить информативность, а самое главное, оперативность контроля.

В основу фотоэлектрического метода контроля чистоты рабочей жидкости положены исследования по физике рассеяния света дисперсными системами. Эти исследования позволили установить надежные однозначные связи между размером частицы износа и ее оптическими свойствами [1].

Обобщенная гидравлическая схема фотоэлектрического ДВК представлена на рис. 1. Как видно на приведенной схеме, измерительный блок датчика находится в потоке рабочей жидкости. По данной схеме сконструированы фотоэлектрический ДВК «ПОТОК», используемый в системе «ФОТОН-965» (номер в гос. реестре 32924-06), разработанный сотрудниками ОНИЛ-16 СГАУ.

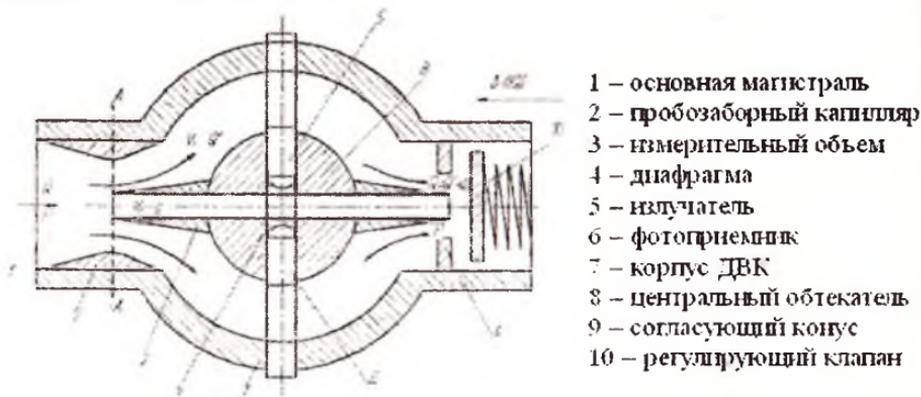


Рис. 1. Обобщенная гидравлическая схема фотоэлектрического ДВК

В корпусе датчика (7) установлен входной конус (9), основное назначение которого - выравнивать скорости потока жидкости в основной трубопроводе и в измерительном канале. В центральном обтекателе (8) сформирован измерительный объем датчика с пробозаборной трубкой (2) на входе. Световой поток в измерительном объеме датчика генерируется излучателем (5) через щелевую диафрагму, установленную перпендикулярно измерительному каналу, и принимается фотоприемником (6). Перепад давления ( $\Delta P$ ) и расход жидкости через измерительный канал (4) регулируется диафрагмой (4), которая установлена в основной магистрали, являющейся для чувствительного объема датчика встроенной обводной (байпасной) магистралью. Для сохранения изокINETИЧНОСТИ отбора пробы в условиях резких динамических изменений потока рабочей жидкости в схеме ДВК внесен дополнительный регулирующий клапан (10). При изменении расхода жидкости через ДВК клапан смещается на величину  $\delta = f(Q)$ , при этом изменяется величина зазора диафрагмы (4) и, как следствие, значение  $\Delta P$  на внутренней части ДВК. Таким образом, регулируется поток жидкости

через измерительный капилляр датчика, и изокINETичность отбора пробы не нарушается даже при значительном изменении основного потока.

Основное достоинство фотоэлектрического датчика такого типа состоит в том, что измерительный блок находится непосредственно в магистрали гидросистемы и не требует отвода части потока рабочей жидкости. Таким образом достигается изокINETичность отбора пробы для анализа. Использование регулирующего клапана в его конструкции позволяет учитывать резкие динамические изменения расхода жидкости.

Однако подобная структура имеет недостаток, состоящий в том, что ДВК такого типа не могут быть использованы в ГС с высокой температурой рабочей жидкости. Это ограничение связано с тем, что при значительном повышении температуры ( $70^{\circ}\text{C}$  для германиевых и  $150^{\circ}\text{C}$  для кремниевых) в полупроводниках происходят необратимые процессы, вплоть до полного теплового разрушения. Таким образом, использование ДВК типа «ПОТОК» непосредственно в потоке рабочей жидкости высокой температуры становится невозможным.

Для разрешения данной проблемы необходимо понизить температуру рабочей жидкости. На практике, осуществить это непосредственно в потоке практически невозможно. Поэтому, необходимо предусмотреть в конструкции дополнительный контур для охлаждения рабочей жидкости. На рис. 2 представлена гидравлическая модель такого контура.

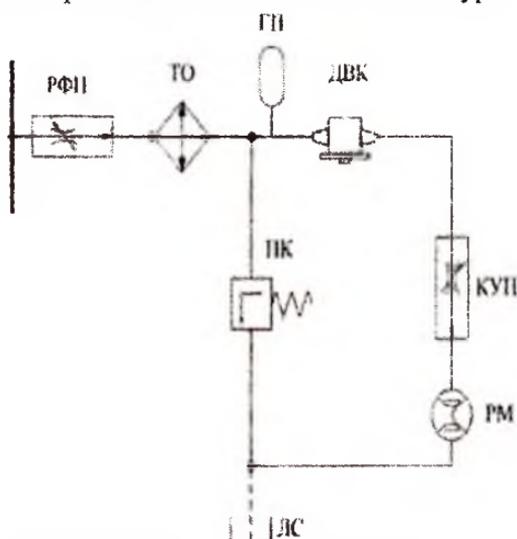


Рис. 2. Гидравлическая схема контура охлаждения

При данной схеме подключения рабочая жидкость, отводимая из основного потока ГС посредством пробоотборной трубки, поступает на регулятор фиксированного потока (РФП), который за счет большого гидравлического сопротивления обеспечивает снижение расхода жидкости.

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