

УДК 629.7.05

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ЗА СЧЕТ АНАЛИЗА ПАРАМЕТРОВ ЧАСТИЦ ЗАГРЯЗНЕНИЯ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ

© 2007 Л. М. Логвинов, М. А. Ковалев, И. И. Хабло

Самарский государственный аэрокосмический университет

Проведен анализ систем контроля работоспособности агрегатов гидросистем воздушных судов и показана необходимость их модификации. В качестве основного диагностического признака технического состояния гидроагрегатов выбраны параметры частиц загрязнения рабочей жидкости. Рассмотрены варианты бортовых и наземных систем контроля жидкостных систем воздушных судов, обеспечивающих определение остаточного ресурса гидроагрегатов.

Практика показывает, что значительное число летных происшествий связано с отказом гидравлической системы самолета [1, 2]. Одним из главных направлений работ по повышению надежности агрегатов и узлов воздушных судов (ВС) является совершенствование имеющихся и разработка новых методов диагностирования их технического состояния.

Известно [1-3], что одним из главных диагностических признаков для определения технического состояния узлов и агрегатов гидросистемы являются параметры рабочей жидкости, основными функциями которой являются смазка трущихся поверхностей, отвод с них продуктов (частиц) износа, а также снижение рабочей температуры поверхностей до номинальных значений. Основными параметрами рабочей жидкости гидросистемы являются степень ее загрязнения, вязкость, температура, давление, расход. С точки зрения влияния на работоспособность гидроагрегатов, наиболее важным параметром среди них является уровень загрязнения. Как показывает отечественный и зарубежный опыт, повышенная загрязненность рабочих жидкостей является в 70-90 % случаев причиной отказов гидросистем, в 50% случаев - отказов газотурбинных двигателей. Кроме того, загрязненность жидкости приводит к снижению долговечности агрегатов в 1,5 - 3 и более раз [1-3].

Рассмотрим обобщенную схему гидравлической системы ВС, приведенную на

рис. 1. Схема позволяет провести анализ и выделить основные компоненты и агрегаты, техническое состояние которых необходимо контролировать, чтобы обеспечить надежную работу как отдельных устройств, так и гидросистемы в целом.

Изменение характеристик любого из указанных на схеме агрегатов и самой рабочей жидкости приводит к полному или частичному отказу в работе гидроагрегатов. Например, при выходе из строя фильтра Ф1 в напорной магистрали (прорыв фильтроэлемента) увеличивается уровень загрязнения рабочей жидкости на входе в распределитель. Это не приведет к мгновенному и полному отказу в работе гидросистемы, но, спустя некоторое время, из-за увеличившегося загрязнения жидкости золотниковый распределитель заклинит, и произойдет полный отказ гидросистемы. В случае же выхода из строя насоса (например, заклинивание поршневых групп) произойдет мгновенный и полный отказ в работе гидросистемы.

Важной тенденцией развития гидросистем, которую необходимо учитывать при выявлении наиболее важных диагностических признаков, является увеличение рабочего давления жидкости на современных ВС. Высокое давление позволяет при минимальных размерах гидросистем добиться значительной производительности. Например, в разработках ОАО «ОКБ СУХОГО» используются гидравлические системы, рабочее давление в которых достигает значения 35 МПа,

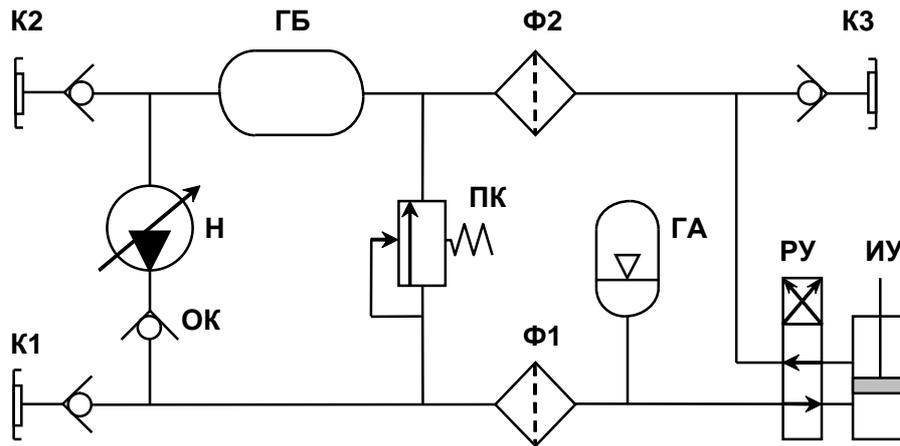


Рис. 1. Обобщенная схема гидравлической системы ВС:

Н - насос переменной производительности; *ГБ* - гидробак; *ПК* - предохранительный клапан;
ГА - гидроаккумулятор; *Ф1*, *Ф2* - фильтры напорной и сливной магистрали соответственно;
РУ - распределительное устройство; *ИУ* - исполнительное устройство; *ОК* - обратные клапаны;
К1, *К2* – клапаны нагнетания и всасывания для подключения наземной гидроустановки;
К3 – клапан заправки гидросистемы

а в перспективе – 56 МПа [4]. Однако при этом необходимо уменьшать зазоры в узлах трения (до 1...3 мкм), что, в свою очередь, приводит к возрастанию требований к уровню загрязненности рабочей жидкости [2-5].

Анализ параметров частиц загрязнения важен и с точки зрения диагностирования технического состояния гидроагрегатов. Известно [1, 2], что основной причиной появления в рабочей жидкости частиц загрязнения является процесс изнашивания пар трения в трибомеханических узлах гидроагрегатов. Причем количество и размер частиц, выделяемых соприкасающейся парой, представляют собой ценную информацию о техническом состоянии всего узла трения агрегата. Перемещение жидкости вместе с частицами износа в более отдаленные участки гидросистем позволяет обнаруживать эти частицы в любом сечении гидросистемы, что дает возможность контролировать интенсивность генерирования этим агрегатом частиц износа в рабочую жидкость [2, 6, 7]. Это, в свою очередь, позволяет производить оценку зазора в узле трения системы на основе расчета массового выноса частиц износа из узла. Контролируя динамику изменения интенсивности генерирования частиц износа и значение зазора, можно с достаточно высокой степенью достоверности определить тех-

ническое состояние узла трения и остаточный ресурс гидроагрегата.

Таким образом, одним из важнейших диагностических признаков технического состояния гидросистемы являются параметры частиц загрязнения рабочей жидкости. К таким параметрам, прежде всего, относится дисперсный состав частиц (концентрация и размер). На основе его анализа можно, во-первых, путем сравнения фактического уровня загрязнения с допустимыми значениями, указываемыми разработчиками гидросистем, определить возможность дальнейшей эксплуатации ВС и, во-вторых, прогнозировать остаточный ресурс гидроагрегатов.

Действенной мерой контроля и анализа работоспособности систем и агрегатов ВС в процессе полета, а также при выполнении различных видов подготовки ВС к полетам является использование бортовых средств контроля и регистрации полетных данных самолета.

Анализ сложившейся ситуации с безопасностью полетов и существующих методов контроля работоспособности гидросистем ВС указывает на необходимость разработки такой системы функциональной диагностики, которая, работая в реальном масштабе времени и используя встроенные средства контроля, позволила бы прогнозировать от-

казы и определять остаточный ресурс наиболее важных гидроагрегатов.

Наиболее перспективными методами контроля технического состояния жидкостных систем можно считать радиоэлектронные (фотоэлектрический, пьезоэлектрический, контактно-зарядный, ультразвуковой, акустический, вихретоковый и др.) методы и датчики встроенного контроля (ДВК) технического состояния жидкостных систем по изменению уровня загрязнения жидкости частицами износа, генерируемых трибомеханическими узлами изделий [2, 3]. ДВК параметров дисперсной фазы не требуют традиционного отбора жидкости и позволяют повысить объективность, оперативность и информативность контроля. Такие ДВК разработаны в отраслевой научно-исследовательской лаборатории ОНИЛ-16 Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С. П. Королева (СГАУ). На их основе созданы диагностические системы типа «Поток», «Фотон» [6, 7], качество и высокие возможности которых подтверждаются сертификатами и опытом эксплуатации в различных отраслях народного хозяйства.

Для осуществления встроенного контроля гидроагрегатов можно предложить систему, в состав которой входят ДВК, установленные непосредственно в гидравлической системе ВС, и блок обработки информации (БОИ). Места установки ДВК определяются в ходе анализа конкретной гидравлической системы с учетом опыта эксплуатации и вероятности отказа отдельных гидроагрегатов. БОИ сопрягается с бортовыми системами контроля ВС. Принцип работы системы контроля заключается в том, что на основе информации, поступающей от ДВК, БОИ определяет дисперсный состав частиц износа. Далее на основе синтезированного алгоритма БОИ оценивает работоспособность отдельных узлов гидросистем и прогнозирует остаточный ресурс выбранных гидроагрегатов и системы в целом. Эта информация документируется на носители, а в ряде случаев может индицироваться пилоту в виде предупреждающего сигнала. Возможны различ-

ные варианты анализа информации от ДВК. Например, если установить в гидросистеме один ДВК, то можно определять класс чистоты рабочей жидкости. Превышение им допустимого значения указывает на невозможность эксплуатации такой системы и высокую вероятность отказа. Причем динамика изменения уровня загрязнения является важным диагностическим признаком, позволяющим прогнозировать отказ на ранней стадии. Если же установить в гидросистеме два ДВК, например, на входе и выходе насоса (рис. 1), то обработка сигналов от них позволит контролировать интенсивность генерирования этим элементом гидросистемы частиц износа в рабочую жидкость и производить оценку зазоров в узле трения на основе расчета массового выноса частиц износа из узла. Контролируя динамику изменения интенсивности генерирования частиц износа и значение зазора, можно определить остаточный ресурс насоса и информировать об этом через системы контроля обслуживающий персонал. Такая схема контроля работоспособности агрегатов и узлов жидкостных систем позволит в конечном итоге перейти от метода эксплуатации этих систем по календарным срокам к эксплуатации по состоянию, что снижает затраты на эксплуатацию и повышает надежность систем.

Однако оснащение находящихся в эксплуатации ВС такой системой контроля путем доработки гидросистемы требует значительных затрат и, вероятно, конструктивных изменений. Поэтому такой вариант системы контроля целесообразно рассматривать при разработке новых образцов авиационной техники.

Для диагностирования гидросистем, используемых в настоящее время на ВС, целесообразно рассмотреть следующую систему наземного контроля.

При контроле гидросистем ВС в наземных условиях функции насоса гидросистем выполняет наземная подвижная гидроустановка (ПГУ). ПГУ подключается при помощи шлангов к клапанам нагнетания и всасывания гидросистемы самолета (рис. 1, клапаны К1, К2). Основные параметры ПГУ (ра-

бочее давление, производительность) должны совпадать с аналогичными параметрами гидросистем.

В этом варианте контроля анализ частиц загрязнения рабочей жидкости можно проводить при помощи двух ДВК, установленных во всасывающей и нагнетающей линиях между самолетом и ПГУ. Использование двух ДВК позволяет учитывать загрязнения, вносимые в рабочую жидкость агрегатами ПГУ. При помощи такой системы можно не только определять уровень загрязнения рабочей жидкости гидросистемы ВС, но и отслеживать динамику изменения этого уровня в нагруженных режимах (выпуск и уборка шасси, выпуск и уборка закрылков и т. д.). Наблюдая за изменением величины загрязнения при поочередном срабатывании агрегатов, можно получить диагностическую информацию о техническом состоянии каждого из них. Применение такой системы контроля при минимальных затратах (установка ДВК на ПГУ и обслуживание системы контроля) позволит отказаться от использования метода контроля чистоты рабочей жидкости по отобраным пробам.

С целью подтверждения работоспособности предлагаемой методики диагностирования технического состояния агрегатов гидравлической системы ВС на военной кафедре СГАУ был проведен эксперимент. Объектом исследования были выбраны агрегаты общей гидросистемы самолета МИГ-29. На самолете применяется рабочая жидкость АМГ-10. При этом в качестве источника гидравлической энергии использовалась ПГУ-210 с рабочим давлением до 21 МПа и производительностью до 45 л/мин. Для анализа уровня загрязнения жидкости использовалась система «Фотон-965», оснащенная двумя ДВК [6].

В результате проведенного эксперимента была установлена принципиальная возможность использования описанной методики для определения уровня чистоты рабочей жидкости. Уровень загрязнения рабочей жидкости исследуемой гидросистемы составил 13 класс согласно ГОСТ 17216-2001, причем

класс чистоты рабочей жидкости изменялся при включении в работу того или иного гидроагрегата.

Таким образом, предлагаемые варианты системы контроля работоспособности гидросистемы предполагают использование ДВК, что дает возможность проводить оперативный объективный контроль параметров рабочей жидкости.

Отметим, что рассмотренный подход может быть применен к другим жидкостным системам ВС - топливной и масляной, т. к. топливо и масло в этих системах выполняют функции рабочей жидкости.

Список литературы

1. Fitch E. C. Fluid contamination control // Technology transfer Series #4, Oklahome, FFS, INC. 1988.
2. Логвинов Л. М. Анализ и синтез преобразователей концентрации дисперсной фазы для систем управления и контроля технического состояния изделий авиационной техники. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. – Самара: СГАУ, 1995.
3. Логвинов Л. М. Техническая диагностика жидкостных систем технологического оборудования по параметрам рабочей жидкости. – М.: ЦНТИ «Поиск», 1992.
4. Орлов Ю. М. Авиационные объемные гидромашины с золотниковым распределением. - Пермь: ПГТУ, 1993.
5. Громаковский Д. Г., Логвинов Л. М. Исследование параметров частиц износа, генерируемых в процессе трения // Трение и износ. - 1996. – Т. 17. - № 1. С. 94-99.
6. Логвинов Л. М., Поминов Е. И., Кудрявцев И. А. и др. Концепция функциональной диагностики гидравлических систем технологического оборудования по параметрам частиц износа // Ремонт, восстановление, модернизация. - 2002. - № 3. - С. 8-13.
7. Логвинов Л. М., Кудрявцев И. А., Поминов Е. И. и др. Функциональная диагностика гидравлических систем с помощью датчиков встроенного контроля // Техника машиностроения. - 2001. - № 5. - С. 36-39.

**INCREASING THE RELIABILITY OF AIRCRAFT HYDRAULIC
SYSTEMS THROUGH ANALYSING WORKING FLUID
CONTAMINATION PARTICLE PARAMETERS**

© 2007 L. M. Logvinov, M. A. Kovalyov, I. I. Khablo

Samara State Aerospace University

Systems controlling the serviceability of aircraft hydraulic system units are analysed, and the necessity of their modification is shown. Working fluid contamination particle parameters are chosen as the main diagnostic indicator of the technical state of hydraulic units. Variants of airborne and ground systems controlling aircraft fluid systems are discussed which make it possible to determine the residual resource of hydraulic units.