

Изготовленный образец ПП тестировался в течение 48 часов непрерывной работы при максимальной яркости свечения светодиода, при этом температура р-п перехода не превысила расчетной температуры в 41 °С, что гарантирует безотказность работы устройства в течение заявленного срока службы.

#### **Список использованных источников**

1. Поль, А. Особенности расчета систем отвода тепла при использовании светодиодов в корпусах PLCC [Текст]/А. Поль//Полупроводниковая светотехника. – 2010. -№5.-С.54-57.
2. Цваненберг, Ф. Эффективные драйверы для СИД с регулируемой яркостью [Текст]/ Ф. Цваненберг// Полупроводниковая светотехника. – 2010. -№2.- С.36-38.
3. Винокуров, А. Расчет печатных плат для светодиодов Cree серий XP и MX [Текст]/ А. Винокуров// Полупроводниковая светотехника. – 2010. -№3.- С.16-19.
4. Алимов, Н. Интегральные драйверы светодиодов от NXP/ Н. Алимов// Новости электроники – 2008. -№17. – С.30-31.
5. Саврушев, Э.Ц. P-CAD 2006 система проектирования печатных плат [Текст]/ Э.В. Саврушев. - М: Издательство БИНОМ 2007. - 640с.
6. Динц, К.М. P-CAD 2006 Схемотехника и проектирование печатных плат [Текст]: Самоучитель/ К.М. Динц, Куприянов А.А., Прокди Р.Г. и др.. Наука и техника: Санкт-Петербург, 2009. - 322с.

## **МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ И ИСПЫТАНИЯ ГИДРОСИСТЕМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ НА ОСНОВЕ МОНИТОРИНГА ЗАГРЯЗНЕНИЯ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ**

**М.А. Ковалев**

Самарский государственный аэрокосмический университет, г.Самара

Рост числа летных происшествий, а также высокая конкуренция в сфере авиаперевозок с особой остротой обозначили проблему повышения надежности бортовых систем летательного аппарата (ЛА). Среди энергетических систем ЛА доминирующее положение занимают гидросистемы (ГС), область применения которых неуклонно расширяется. Так на самолете ИЛ-96 по сравнению с ИЛ-86 число гидроагрегатов увеличилось вдвое.

Известно, что нормативные документы устанавливают жесткие требования к надежности ЛА. Вместе с тем 13 % авиационных происшествий связано с отказом ГС. Это определяет важность проблемы сокращения числа отказов ГС ЛА.

Одним из путей ее решения является повышение эффективности технического обслуживания (ТО) за счет разработки и внедрения на практике нового вида стратегии эксплуатации, ориентированного на

упреждение отказов. Это одно из наиболее перспективных, но в то же время малоисследованных направлений в области ТО, которому в последнее время все большее внимание уделяют специалисты в самых разных отраслях хозяйства. Установлено [1], что применение упреждающих технологий позволяет сократить количество отказов на 70-75%, расходы на обслуживание – на 25-30%, а время простоя объектов ТО – на 35-45%. А следовательно, работы, направленные на повышение эффективности ТО ГС ЛА за счет разработки методов и средств упреждающих технологий, является актуальными.

В настоящее время наиболее совершенной из используемых на практике является стратегия эксплуатации до предотказного состояния, основанная на реагирующем подходе. Идея применения упреждающего подхода заключается не в реагировании на деградацию рабочих параметров системы, а в ее предупреждении. Соответственно упреждающее ТО направлено на обнаружение и коррекцию факторов, которые являются глубинными причинами деградации параметров системы и приводят к отказу. За счет поддержания параметров таких факторов в прислелых границах может быть значительно увеличен срок службы компонентов системы. Преимущества упреждающего подхода наглядно отражают графики на рис.1. Из их анализа следует, что для упреждающего подхода свойственен независимый от времени эксплуатации уровень развития отказа, что, безусловно, является некоторой идеализацией. Кривая реагирующего подхода состоит из двух чередующихся участков: наклонный – характеризует время, в течение которого параметры системы деградируют до достижения ими предельных значений, а горизонтальный отражает время ремонта. Основным преимуществом упреждающего подхода является отсутствие периодов простоя объектов ТО из-за ремонта.

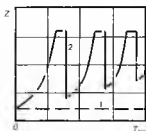


Рис 1 Графики зависимости уровня развития отказа от времени эксплуатации. 1 – реагирующий подход к ТО; 2 – упреждающий подход к ТО

Для реализации упреждающего подхода к ТО какой-либо системы необходимо выявить факторы стабильности в работе этой системы, нарушения которых являются глубинными причинами деградации ее

параметров, а также определить доступные для наблюдения диагностические параметры, позволяющие контролировать эти факторы.

Сложность решения этих задач является главной причиной слабого внедрения упреждающих технологий. Среди немногочисленных работ, посвященных этой тематике, наибольший интерес представляют исследования Е.С. Фитча (США) [2, 3], в которых выделены факторы стабильности в работе ГС: стабильность загрязнения рабочей жидкости (РЖ); стабильность ее внутренних и внешних утечек; стабильность химических и физических свойств РЖ; отсутствие кавитации жидкости; стабильность температуры РЖ; стабильность износа компонентов ГС; стабильность прикладываемых к компонентам ГС механических нагрузок.

Нарушения большинства из этих факторов приводят к постепенным параметрическим и прогнозируемым отказам, которые можно распознать на ранней стадии их развития, что позволяет вовремя внести корректировки и не допустить их дальнейшего развития. Это обстоятельство является главной предпосылкой для использования упреждающих технологий при ТО ГС.

Детальный анализ перечисленных факторов показал, что их нарушение практически во всех случаях приводит к разрушению материала, из которого изготовлены компоненты ГС, и как следствие к повышению интенсивности генерирования частиц загрязнения в РЖ. А следовательно, параметры частиц загрязнения могут служить своего рода «лакмусовой бумагой», при помощи которой можно контролировать стабильность в работе ГС.

Среди параметров частиц загрязнения РЖ наиболее информативен дисперсный состав, согласно которому действующие стандарты [4] устанавливают класс чистоты РЖ. Поэтому дисперсный состав частиц загрязнения выделен как интегральный показатель упреждающего обслуживания ГС, а его наблюдение является обязательным атрибутом диагностической системы, реализующей упреждающий подход к ТО ГС. В связи с этим в ходе исследований проведен детальный анализ возможности его контроля и решаются задачи, которые позволят максимально эффективно использовать получаемую при этом диагностическую информацию.

В настоящее время для контроля уровня загрязнения РЖ в процессе эксплуатации ЛА используется метод отобранных проб, для которого характерны высокая методическая погрешность измерения (до 50%), высокая трудоемкость, а также невозможность получения информации в реальном масштабе времени.

На практике используется оценка дисперсного состава частиц загрязнения РЖ, определяемая ГОСТ [4], в виде классов чистоты в 6 размерных фракциях. Причем переход от класса к классу осуществляется путем удвоения числа частиц. Такая оценка ориентирована на возможности метода отобранных проб и непригодна для решения задачи упреждающего

обслуживания, т.к. она носит приближенный характер и может скрыть процесс развития отказа в ГС.

Применение метода отобранных проб обусловлено отсутствием датчиков встроенного контроля (ДВК), способных определять дисперсный состав частиц загрязнения в сложных условиях эксплуатации, характерных для ГС ЛА. При условии разработки таких датчиков можно существенно повысить точность и оперативность проведения контроля. Среди известных датчиков уровня загрязнения РЖ наилучшими характеристиками обладают фотозлектрические датчики. Однако возможные области их применения ограничены величиной чувствительности 5 мкм, а также предельными значениями температуры 70°C и диапазона расхода контролируемой РЖ. При этом, в настоящее время большое значение в связи с увеличением рабочего давления в ГС приобретает анализ частиц размером менее 5 мкм, а согласно требованиям эксплуатирующих организаций необходимо контролировать параметры РЖ при температуре до +100°C и в большом диапазоне расходов.

Таким образом, для построения системы контроля, реализующей упреждающий подход к ТО ГС ЛА, необходимо получить удовлетворяющую требованиям методику оценивания дисперсного состава и преодолеть отмеченные недостатки фотозлектрических ДВК.

Однако разработка методов и средств контроля является лишь одной из задач, решаемых при построении диагностической системы. Другой, не менее важной задачей является построение алгоритма диагностирования.

Основными недостатками используемых на практике систем контроля ГС отечественных ЛА являются слабые прогностические возможности, а также невозможность учета в них взаимной зависимости контролируемых параметров. Эти недостатки обусловлены низким уровнем развития теоретической базы диагностирования, который заключается в том, что для построения алгоритмов диагностирования ГС используются модели и методы, которые обладают рядом существенных недостатков.

На основе проведенного анализа установлено, что построить систему контроля, реализующую упреждающие технологии, можно на основе метода диагностирования ГС на основе мониторинга состояния РЖ. Однако при этом следует разработать более эффективные методы построения:

- модели контроля состояния ГС, определяющей правило принятия решения относительно технического состояния ГС,
  - диагностической модели ГС, которая позволяет рассчитать границы областей диагноза в пространстве диагностических признаков,
  - математической модели изменения ее состояния, которая позволяет рассчитывать остаточный ресурс гидроагрегатов,
- а также определить способы повышения достоверности контроля и оптимизировать процесс поиска неисправности ГС ЛА.

Среди диагностических моделей наиболее предпочтительны модели в аналитическом виде. Однако в настоящее время из-за сложности структуры и многорежимности ГС современных ЛА аналитические модели применяются лишь для их проектирования и не используются для контроля. Для преодоления этой проблемы необходимо разработать представление ГС, которое бы соответствовало следующим требованиям: оно должно позволять реализовывать процесс анализа структуры ГС на ЭВМ и эффективно описывать работу многорежимных ГС, а также должно быть настолько общим, чтобы из него вытекали как частные случаи любые предусмотренные режимами работы варианты соединения агрегатов.

При синтезе такого метода представления ГС были использованы теория образов и теория тензорного анализа сетей [5, 6]. В соответствии с теорией образов представление ГС как объекта ТО может быть получено путем выполнения цепочки действий, в результате которых из первого звена – образующих (набора элементарных компонентов) получаем последнее – деформированное изображение (наблюдаемую посредством контрольной аппаратуры функционирующую ГС).

Структурное объединение образующих – это *конфигурация*, которая характеризуется составом и структурой. Для наглядности построим описание состава и структуры простейшей ГС.

Состав конфигурации – это неструктурированное множество входящих в нее образующих: насосов, клапанов, фильтров и др. Для его описания используется диагональная матрица состава  $M'$ , размерность которой определяется числом связей (входов и выходов) компонентов ГС, а элементами являются аналитические модели компонентов, описывающие преобразование параметров РЖ.

Для описания структуры использован математический аппарат комбинаторной топологии. Структура ГС представлена квадратной матрицей, элементами которой являются символы 1 и 0, характеризующие наличие или отсутствие соединений между связями. Причем каждый режим работы ГС характеризуется своей матрицей соединений.

На основе этих матриц получаем матрицу конфигурации, которая в неявном виде представляет уравнения, которые могут быть получены для ГС согласно обобщенным законам Кирхгофа. Ее анализ позволяет выделить в структуре системы узлы и контуры. Совокупность составленных для них уравнений является аналитической моделью ГС. В процессе исследований была составлена программа для ЭВМ, реализующая процедуру составления модели из матрицы  $M$ .

Множество матриц конфигураций, полученных для всех режимов работы ГС, составляют *пространство конфигураций*, которое характеризуется группой или полугруппой преобразований подобия,

переводящих матрицы конфигураций друг в друга. В данном случае эти преобразования задаются следующим выражением

$$C = C + T_j, \quad (1)$$

где  $T_j$  – матрица преобразования, которая описывает изменения в структуре ГС при подключении (отключении) к источникам гидроэнергии  $j$ -го исполнительного устройства ГС,  $C$  и  $C'$  – матрицы соединений ГС до и после этого подключения.

Матрицу соединений ГС после осуществления  $k$  смен режимов работы можно получить при помощи выражения

$$C_k = C_0 + \sum_{i=1}^k T_i, \quad (2)$$

где  $C_0$  – матрица соединений ГС ЛА в начальном состоянии (в свободном режиме работы),  $T_i$  – матрица преобразования, описывающая изменение структуры ГС при  $i$ -той смене режима работы ГС.

Таким образом, применение аппарата комбинаторной топологии позволило получить *эффективный метод описания процесса функционирования многорежимных ГС*, который представлен как последовательная смена матриц  $C$ , полученных на основе операций (1) и (2). Это позволяет в ходе работы ГС динамически получать ее аналитическую модель для каждого применяемого режима. Причем задача инженера сводится к составлению матрицы состава ГС, матрицы соединений для свободного режима и совокупности матриц преобразований. Все остальные действия по составлению модели ГС реализуются ЭВМ.

С целью получения эффективной и компактной формы математического описания структуры и работы ГС ЛА использован геометрический подход.

В настоящий момент используются представления ГС в виде структурных или логических схем в традиционном евклидовом геометрическом пространстве, а также метод графов, основанный на частном случае топологии, рассматривающем одномерные ветви. В основе синтезированного представления ГС лежит комбинаторная топология. Однако для представления ГС ЛА необходимо использовать более сложную геометрию тензорного анализа сетей, которая сочетает в себе методы топологии и тензорного анализа. В качестве допустимого преобразования она использует разрывание на части и соединение объектов, что позволяет упростить процедуру диагностирования ГС за счет использования диакоптики. Разделяя ГС на части и контролируя состояние каждой из частей, можно сделать вывод о состоянии ГС в целом, а также оптимизировать процедуру поиска отказа.

Совокупность матриц  $M$ , построенных для всех режимов работы ГС, образуют геометрический объект, система координат которого определяется

путями распространения гидроэнергии и представляется множеством матриц  $C$ , образующих группу. Формулу, описывающую процедуру синтеза такого геометрического объекта, можно записать в следующем виде:

$$M = CM'. \quad (3)$$

Так как уравнение (6) линейно, то объект  $M$  является тензором, а  $C$  – тензором преобразования. Ввиду того, что тензор  $M$  – это совокупность матриц  $M'$ , описывающих ГС во всех возможных режимах работы, то ее изображение посредством тензора  $M$  и есть искомое обобщенное описание структуры ГС.

Любую ГС можно представить тензором  $M$  валентности 2 (двумерным).

Однако недостатком такого представления является то, что при малейшем изменении структуры одного какого-либо контура ГС необходимо заново проводить анализ всей системы, выполняя действия с матрицами большой размерности. Кроме того, большая часть элементов тензора всегда будут нулевыми, поскольку отсутствуют трубопроводы, их реализующие.

Для получения более эффективного способа описания ГС исходный геометрический объект разделим на части – также геометрические объекты. Такое деление реализуется путем представления пространства-структуры ГС, как совокупности подпространств-структур (ППС). ГС большинства типов ЛА могут быть представлены тремя ППС. Первое представляет ее как совокупность несоединенных контуров без учета их внешних связей. Второе описывает внешние связи контуров. Третье раскрывает состав и структуру каждого контура.

Для математического описания представленных таким образом ГС использованы компаунд-тензоры, представляющие собой совокупность тензоров одинаковой валентности. ГС, представленная тремя ППС, будет описываться компаунд-тензором валентности 3. Такое описание позволяет значительно снизить вычислительную сложность анализа системы.

Образующие и конфигурации ГС материальны в физическом смысле. Однако при контроле ГС предстает как объект ТО, который характеризуется совокупностью значений диагностических параметров. Поэтому далее введены понятия идеального и деформированного изображений.

*Идеальное изображение (портрет)* ГС – это совокупность значений диагностических признаков во всех точках ГС, техническое состояние которой точно соответствует техническим условиям. При его получении не учитываются погрешности контрольной аппаратуры.

*Деформированное изображение* ГС – это совокупность значений диагностических признаков в заданных контрольных точках, реально наблюдаемых посредством контрольной аппаратуры.

Анализ процесса формирования идеального и деформированного изображений ГС позволил выделить задачи, которые необходимо решить при разработке метода диагностирования ГС.

На основе предложенного метода представления была разработана теоретическая база диагностирования ГС методом мониторинга состояния РЖ. Вначале получена методика построения аналитической диагностической модели ГС.

Математическая модель изменения технического состояния ГС должна описывать динамику изменения контролируемых параметров и учитывать их взаимную зависимость. С учетом этих требований для построения модели был использован математический аппарат рядов Тейлора, что позволило записать модель в следующем обобщенном виде (для упрощения в правой части уравнения ограничились тремя слагаемыми):

$$Y_{ih}(t + \Delta t) = Y_{ih}(t) + S'_{ihjq} \cdot \Delta Y_{jq}' + M'_{ihjqkz} \Delta Y_{jq}' \cdot \Delta Y_{kz}', \quad (4)$$

$$S'_{ihjq} = \frac{\partial Y_{ih}}{\partial Y_{jq}'}, \quad M'_{ihjqkz} = \frac{1}{2} \frac{\partial^2 Y_{ih}}{\partial Y_{jq}' \partial Y_{kz}'}, \quad (5)$$

$$Y_{jq}' = \begin{bmatrix} t & t & \dots & t \\ Y_{j1} & Y_{j2} & \dots & Y_{jL} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Y_{jn} & Y_{n2} & \dots & Y_{nL} \end{bmatrix}, \quad \Delta Y_{jq}' = \begin{bmatrix} \Delta t & \Delta t & \dots & \Delta t \\ \Delta y_{j1} & \Delta y_{j2} & \dots & \Delta y_{jL} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \Delta y_{n1} & \Delta y_{n2} & \dots & \Delta y_{nL} \end{bmatrix}.$$

Здесь  $Y_{ih}(t)$  - матрица значений контролируемых параметров РЖ,  $i=1 \dots n$  - номер параметра РЖ;  $n$  - число контролируемых параметров;  $h=1, \dots, L$  - номер отдельной ГС;  $L$  - число таких систем в составе ГС ЛА;  $h, q, z = 1 \dots L$ ;  $j, k=0 \dots n$ .

В качестве модели контроля состояния ГС предложено использовать систему уравнений, описывающую ограничения на значения входящих в модель (4) величин. При использовании системы независимых допусков, эта модель описывается следующим выражением

$$X_{jh}(t) - A_{jh} = 0, \quad (6)$$

где  $X$  - матрица оцениваемых в ходе контроля величин, а элементы матрицы  $A$  определяют область их допустимых значений. Для расчета элементов  $A$  используются диагностические модели ГС.

Модель (4) позволяет экстраполировать состояние ГС ЛА на интервал времени  $\Delta t$ . Следовательно, используя выражение (6), можно прогнозировать работоспособность системы на предстоящий полет (для этого необходимо выбрать интервал  $\Delta t$  равным времени полета), либо, путем подбора значения  $\Delta t$ , определить остаточный ресурс ГС.



Для оптимизации процесса поиска неисправности предложен метод, основанный на разработанном тензорном представлении структуры ГС. При этом процесс поиска отказа разбивается на несколько этапов. Например, при использовании для представления ГС ЛА трех ППС неисправный компонент в ней отыскивается в два этапа: сначала за счет анализа сигналов датчиков выделяется неисправный контур, а затем в нем путем моделирования на ЭВМ определяется неисправный компонент.

На основе полученных результатов предложена следующая методика построения алгоритма диагностирования ГС ЛА:

1. Выбор диагностических параметров РЖ (формирование матрицы  $Y_{ij}$ ).
2. Определение точек и методов контроля параметров в ГС.
3. Разработка математической модели (4) изменения состояния ГС ЛА.
4. Формирование матрицы оцениваемых величин  $X_{ij}$ .
5. Получение аналитических моделей отдельных компонентов ГС.
6. Построение на основе анализа структуры и состава исследуемой ГС ЛА ее топологической модели, представленной как совокупность ППС и описываемой компаунд-тензорами. При этом составляется матрица конфигурации ГС в свободном режиме работы, а также совокупность матриц преобразования.
7. Разработка на основе уравнения (6) модели контроля состояния ГС ЛА.
8. Синтез алгоритма поиска неисправности ГС ЛА.

Указанные этапы осуществляются при проектировании диагностической системы. Порядок ее функционирования описывается логической схемой (рис. 2). Операции, обозначенные на данной схеме, выполняются ЭВМ в процессе работы ГС. Принцип действия системы диагностирования заключается в одновременном (параллельном с точки зрения организации процесса на ЭВМ) решении задач диагноза и прогноза относительно состояния ГС ЛА.

На основе полученных результатов была разработана методика построения алгоритма диагностирования ГС, которая реализуется при проектировании диагностической системы. Порядок ее функционирования описан логической схемой. Операции, обозначенные на данной схеме, выполняются на ЭВМ в процессе работы ГС.

С целью построения системы контроля, реализующей упреждающий подход к ТО ГС ЛА, был разработан алгоритм повышения чувствительности фотоэлектрических ДВК уровня загрязнения РЖ ГС. С этой целью был использован метод аппроксимации опытных данных параметрической функцией заданного вида (логнормальной функцией). Методика решения поставленной задачи заключается в том, что на основе известных значений

дисперсного состава частиц размером более 5 мкм определяются величины параметров аппроксимирующей функции и, подставляя их в ее уравнение, рассчитываются значения дисперсного состава в зоне нечувствительности ДВК.

В результате проведения вычислительного эксперимента было установлено, что полученный алгоритм позволяет решать поставленную задачу с требуемой точностью.

С целью обработки опытных данных сигналы ДВК должны быть предварительно преобразованы и введены в ЭВМ. Для этого было разработано микропроцессорное устройство (МПУ). В ходе исследований определен состав этого устройства, а также проведен расчет основных параметров его компонентов.



Рис 2 Логическая схема работы системы диагностирования ГС ЛА

Все полученные выше результаты использованы при разработке системы контроля, реализующей упреждающий подход к ТО ГС ЛА. В данной системе контролируются значения дисперсного состава частиц загрязнения РЖ. Она решает задачу интегральной диагностики, позволяя определять работоспособность функциональных подсистем.

На основе полученной ранее методики разработан алгоритм диагностирования системы контроля.

Используя выражение (4), для предлагаемой системы контроля была построена модель изменения технического состояния ГС ЛА:

$$\begin{cases} N_{il}(t + \Delta t, d) = N_{il}(t, d) + \frac{dN_{il}(t, d)}{dt} \Delta t, \\ \Delta N_i(t + \Delta t, d) = \Delta N_i(t, d) + \frac{d(\Delta N_i(t, d))}{dt} \Delta t. \end{cases} \quad (7)$$

где  $i=1,2$ ;  $l=1, \dots, L$  – номер отдельной ГС;  $\Delta N_i(t, d) = N_{1i}(t, d) - N_{2i}(t, d)$ ; значения  $N_{1i}(t, d)$  и  $N_{2i}(t, d)$  контролируются на входе и выходе нагнетающего контура  $l$ -й ГС. Значение интервала времени между измерениями  $\Delta t$  будет определяться методикой проведения контроля.

С учетом выражений (6) и (7) математическая модель контроля технического состояния ГС ЛА описывается следующей системой уравнений:

$$\begin{cases} N_d(t, d) < N_d(d)_{np}, \\ \Delta N_i(t, d) < \Delta N_i(d)_{np}, \\ \frac{dN_d(t, d)}{dt} < N_d'(d)_{np}, \\ \frac{d(\Delta N_i(t, d))}{dt} < \Delta N_i'(d)_{np}. \end{cases} \quad (8)$$

Здесь  $N_d(d)_{np}$  и  $N_d'(d)_{np}$  – предельно допустимые значения  $N_d(t, d)$ , а также скоростей их изменения.  $\Delta N_i(d)_{np}$  и  $\Delta N_i'(d)_{np}$  – аналогичные величины для параметра  $\Delta N_i(t, d)$ . Допуски определяются на основе значений, рассчитанных на основе диагностических моделей ГС.

Выражение (8) можно назвать моделью контроля стабильности в работе ГС ЛА. Она устанавливает правило принятия решения относительно ее технического состояния, согласно которому ГС работоспособна, если стабилен износ во всех контролируемых подсистемах (контурах). Соответственно алгоритм диагностирования предложенной системы контроля ГС ЛА будет заключаться в измерении и вычислении значений величин, входящих в систему (8), и проверке составляющих ее условий.

Для выполнения требований по температуре контролируемой РЖ целесообразно использовать метод измерения, при котором датчик размещен в дополнительном гидравлическом контуре с малым расходом жидкости.

Для выполнения требований по диапазону расхода жидкости была доработана конструкция фотоэлектрического ДВК. Добавление в него адаптивного регулятора расхода жидкости позволило в 15 раз увеличить допустимый для измерения диапазон расхода жидкости.

В ходе исследований был разработан бортовой вариант СК ГС, в котором ДВК устанавливаются непосредственно на борту ЛА. Однако

оснащение такой системой находящихся в эксплуатации ЛА требует выполнения сложных доработок, на проведение которых необходимо решение на уровне генерального конструктора. Поэтому вопрос применения бортового варианта СК целесообразно рассматривать лишь при разработке новых образцов авиационной техники. Для контроля состояния ГС на эксплуатируемом парке ЛА целесообразно использовать ее наземный вариант

Во время проведения наземного ТО ГС ЛА функции источника гидроэнергии выполняет наземная подвижная гидроустановка (ПГУ). Для построения системы контроля предлагается в ПГУ установить два дополнительных гидравлических контура (ДГК1 и ДГК2) с ДВК, посредством которых можно контролировать  $N(t, d)$  на ее входе и выходе (рис. 3).

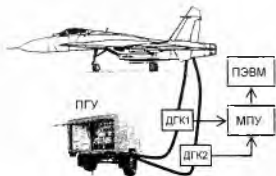


Рис. 3. Наземный вариант системы контроля ГС ЛА

В ходе исследований синтезирована системы контроля на базе ПГУ-210 и предложена методика проведения контроля, которая заключается в поочередном проведении испытательных процедур для функциональных подсистем бортовой ГС.

С целью определения работоспособности предложенной системы и методики контроля на военной кафедре СГАУ на базе ПГУ-210 была собрана опытная установка. Объектом исследования были выбраны агрегаты общей ГС самолета МиГ-29. В результате эксперимента была установлена целесообразность использования на практике разработанной системы контроля.

Разработанная система контроля гармонично вписалась в применяемую на практике систему ТО ЛА. Она позволяет повысить объективность и оперативность проведения контроля одного из важнейших с точки зрения влияния на надежность ГС эксплуатационного параметра – уровня загрязнения рабочей жидкости. Так для контроля уровня чистоты жидкости методом отобранных проб согласно регламенту обслуживания

самолета АН-124-100 отводится 4 нормо-часа. При использовании ПГУ со встроенными датчиками такой анализ потребует не более одного часа, т.е. трудозатраты снижаются в 4 раза. Кроме того, с учетом того, что 1 час простоя самолета АН-124-100 оценивается в 920000 рублей, это позволяет добиться существенного экономического эффекта.

Аналоги разработанной системы контроля используются в производственном процессе ряда предприятий. ДВК уровня загрязнения жидкости включены в состав гидростенда для финишной промывки агрегатов и ГС. При этом по динамике изменения уровня загрязнения жидкости, внесенного в рабочую жидкость гидроагрегатами, и достигнутому значению этого уровня по окончании промывки делается вывод о возможности дальнейшей эксплуатации гидроагрегатов или ГС.

#### **Список использованных источников**

1. Хоске, М. Заботимся о «здоровье» оборудования / М.Хоске // Control Engineering. - Россия. - Июль. 2006. - С.12-18.
2. Fitch E.C. Fluid contamination control // Technology transfer Series #4, Oklahome, FFS, INC. 1988. - 433p.
3. Fitch E.C. Extending Component Service Life Through Proactive Maintenance. An FES/BarDyne Technology Transfer Publication #2. Tribolics, Inc., 1998.
4. ГОСТ 17216 – 2001. Промышленная чистота. Классы чистоты жидкостей. – Введ. 2002-01-01. – М.: Издательство стандартов, 2002. – 12с.
5. Ковалев, М.А. Метод автоматизации процесса моделирования гидросистем воздушных судов / М.А. Ковалев // Известия вузов. Авиационная техника. – Казань, КГТУ. - 2009. - № 3. - С. 62-66.
6. Ковалев, М.А. Тензорное представление структуры и работы гидросистем воздушных судов / М.А. Ковалев // Известия вузов. Авиационная техника. – Казань, КГТУ. - 2009. - № 4. - С. 64-67.

## **НЕСУЩАЯ КОНСТРУКЦИЯ КАК ИНДУКТИВНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ЭЛЕКТРОННОГО УСТРОЙСТВА**

**В.В. Иванов, А. С. Рещетников**

Самарский государственный аэрокосмический университет, г.Самара

Магнитное поле Земли можно использовать для компенсации микроускорений, возникающих за счёт самораскручивания космического аппарата на нестабилизируемом участке полёта. Для ориентации космического аппарата с помощью геомагнитного поля необходимы три взаимно перпендикулярные катушки с большим током.