

2. *Евстифеев А.А.* Методология рационального построения и непрерывного совершенствования региональной сети АГНКС//Транспорт на альтернативном топливе. – 2014. – № 3 (39). – С. 53-60.

3. *Евстифеев А.А.* Математическая модель анализа потребности в КПП и СПГ на вновь газифицируемых территориях//Газовая промышленность. – 2013. – № 1 (685). – С. 87-88.

4. *Евстифеев А.А.* Расчет надежности системы поставок газового моторного топлива потребителям//Транспорт на альтернативном топливе. – 2013. – № 4 (34). – С. 61-65.

Шилин С.А.

**Повышение надежности жизненно значимого агрегата
средством своевременного выявления внезапного отказа
элемента конструкции изделия**

Аннотация: С целью выявления внезапно отказавшего элемента конструкции изделия предлагается непрерывное наблюдение за суммарной переходной характеристикой совокупности динамических звеньев, моделирующих жизненно значимый агрегат.

По изменению качества переходной функции в результате отказа конкретного звена динамической системы выявляется дефектный элемент конструкции, определяется момент его выхода из строя, а, следовательно, начало форсированной выработки ресурса аварийного узла. Используя эти данные можно своевременно парировать последствия внезапного отказа, делать более качественные заключения о первопричине нарушения работоспособности агрегата, а также об изменении ресурсного состояния летательного аппарата на протяжении его жизненного цикла.

Ключевые слова: жизненно значимый агрегат, суммарная переходная характеристика, совокупность динамических звеньев, ресурсное состояние изделия

В процессе эксплуатации летательного аппарата (ЛА) необходимо контролировать работоспособность его жизненно значимых агрегатов (ЖЗА). Это предполагает наличие бортовой регистрирующей и измерительной аппаратуры непрерывного действия. Ее объем определяется количеством наиболее ответственных элементов конструкции (НОЭК), входящих в состав ЖЗА. В настоящее время непрерывный мониторинг основных показателей работоспособности изделия не практикуется. Так, например бортовая многофункциональная система регистрации параметров МСРП-64-2 фиксирует состояние ЖЗА с периодичностью одного раза в 1/2 сек. При этом происходит непрерывное стирание записанной информации для обеспечения сохранности данных о техническом состоянии ЛА за последние 75 минут полета. Ограниченный объем получаемых сведений не всегда позволяет сделать правильный вывод обо всех изменениях рабочего состояния ЖЗА воздушного судна за период полета. Актуальным в этих условиях становится обеспечение возможности выявления внезапного отказа (ВО) НОЭК. Последствия ВО в пределах ЖЗА некоторое время могут быть незаметными и обнаруживаться постепенно. Послеотказный период, как правило, характеризуется форсированной выработкой ресурса дефектного узла. При этом очень сложно прогнозировать момент наступления предельного состояния, когда необходимо прекратить эксплуатацию аварийного элемента и осуществить переход на резервный канал [1]. Вышесказанное можно проиллюстрировать следующим примером.

Рассмотрим гидросистему воздушного судна, включающую в себя плунжерный насос переменной производительности, электрогидравлический распределитель, исполнительный механизм (силовой гидроцилиндр) и мембранный пневмогидравлический бак (МПГБ) закрытого типа [2]. Попытаемся выявить последствия внезапной разгерметизации газовой полости МПГБ. Отказ такого рода влечет за собой падение давления наддува и, следовательно, нарушение целостности столба рабочей жидкости (РЖ) во всасывающем патрубке источника гидравлической энергии. Возникающая вследствие этого кавитация приводит к постепенному снижению КПД насоса, эрозионному износу его элементов, наличию вибрации, а также резонансных пиков в гидросистеме.

Для обнаружения ВО и, следовательно, предотвращения его последствий предлагается непрерывное наблюдение за качеством суммарной переходной характеристики динамической модели ЖЗА.

На рисунке 1 приведена функциональная схема гидропитания силового гидроцилиндра (ГЦ). РЖ из МПГБ посредством всасывающего патрубка забирается насосом (Н) и через электрогидравлический распределитель (ЭГК) по магистрали 1 или 2 направляется в левую или правую полость ГЦ. Представим эту схему в виде совокупности связанных между собой типовых динамических звеньев, описываемых соответствующими передаточными функциями. Для простоты примера перепускной клапан (ПК), ЭГК и ГЦ представим пропорциональными зависимостями [3]. МПГБ до момента внезапной разгерметизации газовой полости также будем считать пропорциональным звеном.

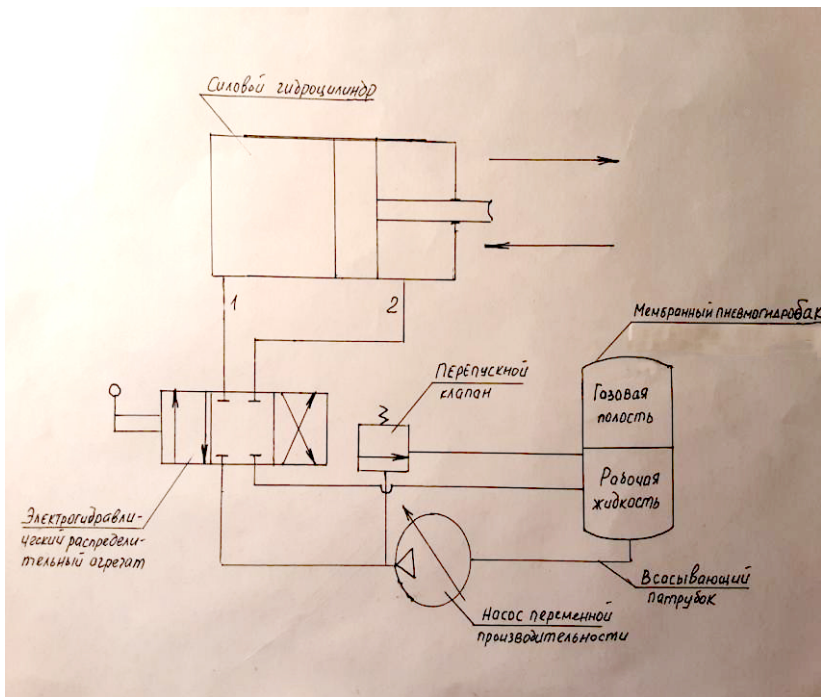


Рисунок 1 – Функциональная схема гидропитания силового гидроцилиндра

Переходная характеристика (ПХ) герметичного МПГБ представляется следующим выражением: $y_{вых}(t) = kP_{над}$, где k - коэффициент передачи, определяемый жесткостью мембраны, разделяющей газовую и гидравлическую полости МПГБ, а $P_{над}$ - давление наддува газовой полости. Таким образом, исправный МПГБ представляется пропорциональным динамическим звеном.

В момент нарушения целостности газовой полости МПГБ становится интегрирующим динамическим звеном, поскольку функционирует как дроссель и моделируется следующей зависимостью:

$$y_{вых} = k \int_0^t x_{вх} dt;$$

Здесь k является коэффициентом дросселирования, который определяется степенью разгерметизации газовой полости. При постоянной скорости истечения газа ПХ МПГБ описывается следующей функцией:

$$y_{вых}(t) = kx_{вх}.$$

Графически это прямая с углом наклона k .

Если имеет место прогрессирующее разрушение газовой полости, например, вследствие развития микротрещины, МПГБ должен быть представлен аperiodическим или инерционным динамическим звеном:

$$x_{вых}(t) = kx_{вх}(1 - e^{-t/T}),$$

где T – постоянная времени, зависящая от конструкции МПГБ [4].

Таким образом, наблюдая за изменением суммарной переходной характеристики рассмотренного жизненно значимого агрегата можно фиксировать момент наступления внезапного отказа, выявлять дефектный элемент конструкции, а также выяснять характер и степень его повреждения. Эти данные позволяют принимать своевременные решения, направленные на сохранение работоспособности изделия, что способствует повышению его безопасности.

Литература:

1. *Абрамов О.В., Цициашвили Г.Ш.* Оценка риска потери работоспособности технического объекта с учетом результатов

мониторинга параметров состояния / Труды Международного симпозиума «Надежность и качество»: в 2 т. – Т. 1. – Пенза: ПГУ, 2018. – С. 148-149.

2. *Шумилов И.С., Солотенков Н.П., Виноградова Т.Г.* Агрегаты хранения жидкости авиационных гидросистем//Наука и образование. Электронный научно-технический журнал. – 2012. – № 12 [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/agregaty-hraneniya-zhidkosti-aviatsionnyh-gidrosistem/viewer> (дата обращения 20.10.2020).

3. *Брызгунов А.В., Волобуев М.Ф.* Способ обнаружения внезапных отказов в дублированных системах//Воздушно-космические силы. Теория и практика. – 2018. – №5 – С. 46-52.

4. Типовые динамические звенья [Электронный ресурс]. – URL: <https://studfile.net/preview/998578/page:2/> (дата обращения 09.11.2020).
