



Ссылка на статью:

// Ученые записки УлГУ. Сер. Математика и информационные технологии. УлГУ. Электрон. журн. 2017, № 1, с. 34-41.

Поступила: 16.06.2017

Окончательный вариант: 03.10.2017

© УлГУ

УДК 629.7.052

Тенденции развития мониторинга бортовых подсистем воздушных судов

Козырев С. А.^{1,*}

[*stanislav_089@mail.ru](mailto:stanislav_089@mail.ru)

¹ ФНПЦ АО «НПО «Марс», Ульяновск, Россия

В статье рассмотрены статистика отказов авиационной техники, а так же причины, приведшие к отказам. Рассмотрены варианты по улучшению контроля за работой исполнительных блоков и датчиков бортовой системы контроля двигателя воздушных судов. Кратко рассмотрены тенденции развития систем мониторинга бортовых подсистем воздушных судов.

Ключевые слова: отказы воздушных судов, конструктивно-производственные недостатки, мониторинг подсистем самолета, электронно-цифровое управление двигателем.

Введение

Практика показывает, что решение проблемы повышения безопасности полетов находится в прямой зависимости от полноты знания причин, влияющих на безопасность полетов. В связи с этим, при проведении работ с целью разработки мероприятий по устранению отказов АТ (при проведении анализа причин отказа и решении вопроса конструктивно-технологического направления мероприятия) необходимо наличие материалов расследования авиационных происшествий (АП) или инцидента, содержащих все необходимые материалы для выяснения первопричин отказа.

1. Анализ инцидентов, связанных с отказами авиационной техники

Согласно данным федерального автономного учреждения "Авиационный регистр Российской Федерации" по самолётам 1-2 классам отечественного производства наблюдается устойчивая тенденция к снижению количества инцидентов, приходящихся на 1000 часов налёта, как в целом, так и связанных с отказами авиационной техники. В 2008 году на самолетах и вертолетах отечественного производства произошло 582 инцидента. Отказами

авиационной техники из них было обусловлено 388 инцидентов (67%). Авиационные происшествия, связанные с отказами авиационной техники, составили в 2008г. 45% от общего количества авиационных происшествий (в 2007г. – 40%). Количество инцидентов, произошедших из-за отказов авиационной техники на всем парке самолетов и вертолетов отечественного производства, в 2008г. составило 388 (2007г.- 450), т.е. уменьшилось на 14%. Основная часть рассматриваемых инцидентов в 2008г. была вызвана проявлением конструктивно – производственных недостатков (КПН) авиационной техники – 44% (2007г. – 54%) от числа событий, обусловленных отказами авиатехники. В данном разделе рассмотрено влияние отказов, вызванных конструктивными или производственными недостатками ВС, на безопасность полетов по парку рассматриваемых самолетов в целом с выделением наиболее характерных недостатков воздушных судов (ВС). Показатель относительного количества инцидентов, обусловленных КПН, (Кинц_кпн) в 2008г., в сравнении с 2007г, в целом по самолетам 1-3 класса уменьшился (улучшился), а по самолетам 4 класса и вертолетам увеличился (ухудшился). При этом следует отметить, что многие инциденты до настоящего времени числятся в категории по не установленной причине. Анализ имеющихся материалов расследования инцидентов свидетельствует о том, что часть из них в последствии перейдет в группу КПН. Анализ изменения значений показателя количества инцидентов, обусловленных конструктивно – производственных недостатков по отдельным типам ВС показывает, что, по сравнению с 2007г., изменения показателя произошли у большинства типов ВС. На многих ВС эти изменения обусловлены сильным влиянием на величину показателя со стороны каждого зарегистрированного инцидента – это самолеты, на которых количество инцидентов из-за конструктивных или производственных недостатков не превышает 10-12 (например, самолеты Ил-96, Ил-86, Ил-76, Ан-124, Ту-154Б). В связи с этим говорить о существенных изменениях показателя можно лишь для самолетов Ту-154М, Ту-134, Як-42, Ан-24, вертолетов Ми-8Т – улучшение показателя. В целях определения причин этих изменений следует рассмотреть распределение количества инцидентов, произошедших из-за КПН, по функциональным системам ВС.

ОТКАЗЫ ШАССИ

Инциденты по причине отказов шасси имели место на самолетах Ил-96, Ту-214, Ту-204, Ту-154Б, Ту-154М, Як-42, Як-40, Ан-140, Ан-24. При этом на самолетах Ту-154М зарегистрировано 7 таких инцидентов, а на самолетах Ту-134 и Як-42 – по 5 инц. Наиболее частыми причинами инцидентов, произошедших из-за отказов шасси, явились отказы концевых выключателей, элементов электропроводки, а также попадание влаги в недостаточно защищенные места электропроводки. Все эти недостатки на протяжении длительного периода относятся к категории повторяющихся.

ОТКАЗЫ ДВИГАТЕЛЕЙ

Отказам авиадвигателей организациями промышленности и эксплуатантами уделяется особое внимание. Рассматривая влияние отказов авиадвигателей на безопасность полетов, целесообразно анализировать отказы всех систем, приводящих к неисправностям двигателей в полете. К ним относятся: двигатель, топливная система двигателя, система управле-

ния двигателем, приборы контроля работы двигателя, система выхлопа, маслосистема, система запуска. По значениям показателя количества инцидентов, обусловленных конструктивно – производственных недостатков в 2008г. силовые установки можно условно разделить на 3 группы:

- 1 группа – самолеты Ан-124, Ту-134 – самые низкие (лучшие) значения показателей;
- 2 группа – самолеты Ил-86, Ан-24, Ту-154М, Ту-154Б, Як-42, Як-40, Ил-62М – средние значения показателей;
- 3 группа – самолеты Ил-96, Ил-76 – самые высокие (худшие) значения показателей.

Низкий уровень показателей 1-ой группы свидетельствует об относительном благополучии с надежностью комплекса силовых установок (далее – СУ) на этих самолетах. При этом следует отметить тенденцию улучшения показателя указанных типов двигателей. Высокие значения показателей самолетов 3-ей группы указывают на недостаточность мер, принимаемых по обеспечению их надежности. При этом следует отметить, что для самолетов Ил-96 сохранилась тенденция улучшения показателя. По данным на февраль 2009г., в 2008г. на самолетах из-за конструктивно – производственных недостатков было досрочно снято с эксплуатации 219 двигателей (2007г. – 279 двигателей). При этом следует иметь ввиду, что некоторые Региональные управления не сообщили о количестве досрочных съёмов двигателей в своих авиапредприятиях. 18 раз выключались в полете двигатели самолетов и вертолетов (2007г. – 38 выключений). В 2008 году зарегистрировано два наиболее опасных отказа авиадвигателей – нелокализованное разрушение (самолеты Ту-154М и Ил-76). Однако до настоящего времени инциденты, связанные с нелокализованными разрушениями двигателей, числятся по не установленной причине. На самолетах Ил-96(1 случай), Ил-86(1 случай), Ил-76(2 случая), Ту-204(3 случая), Ту-154М (1 случай), Як-42(1 случай) имели место разрушения деталей внутри двигателей. На отдельных типах авиадвигателей происходили инциденты вследствие повторяющихся отказов. Уменьшение количества повторяющихся инцидентов и даже отсутствие некоторых из них объясняется тем, что в эксплуатации научились предупреждать проявление в полете данных недостатков двигателей. Наряду с недостатками самих двигателей значительное влияние на безопасность полетов самолетов оказывают недостатки приборов контроля работы двигателей. В 2008г. из-за отказов этой системы произошло 5 инцидентов. При этом большая их часть явилась следствием отказов аппаратуры замера вибрации. Положение дел с надежностью отдельных подсистем контроля работы двигателей (стружка в масле, пожар, вибрация) практически не улучшилось. В 2008г. на зарегистрировано 8 срабатываний сигнализации "Пожар". 6 из них оказались ложными. Из 6 инцидентов, произошедших вследствие срабатывания сигнализации о повышенной вибрации двигателей, 4 явились следствием ложного срабатывания сигнализации. Причинами ложных срабатываний, как и ранее, явилась недостаточная надежность исполнительных блоков и датчиков. Мероприятия, направленные на повышение надежности работы этой аппаратуры, положительных результатов не дают.

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ САМОЛЕТОМ

Большая часть из 12 инцидентов, произошедших в 2008г. из-за отказов систем управления самолетов, была обусловлена отказами концевых выключателей и других электрических агрегатов и цепей вследствие попадания в них влаги или элементарных обрывов, а также разрегулировками отдельных исполнительных механизмов. Такие отказы были зарегистрированы на самолетах Ту-204, Ту-154М, Ту-134, Як-42. Пять из них имели место на самолетах Ту-154М. Характерных отказов среди них не было.

ГИДРАВЛИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

Следует обратить внимание на продолжающие повторяться отказы гидросистем самолетов. В 2008г. из-за отказов гидросистем имели место 7 (2007г. – 14 инц.) инцидентов. Вновь повторились случаи отказав гидронасосов. За последние годы произошло более 100 сл. отказов насосов. Отказы отмечаются как на отремонтированных, так и на новых агрегатах в пределах, существующих гарантийного и межремонтного ресурсов. Приведенные данные свидетельствуют, что в эксплуатации продолжают иметь место опасные отказы, часть которых носит повторяющийся характер. Мероприятия промышленности, направленные на их устранение, оказываются недостаточно эффективными.

Анализ показывает, что причиной улучшения показателя самолетов Ту-154М явилось отсутствие в отчетном периоде инцидентов из-за неисправностей ряда систем (например, пилотажно-навигационного оборудования, фонарь-окна) и снижение количества инцидентов из-за отказов в системах гидравлической, приборы контроля работы двигателя, противопожарного оборудования. На самолетах Ту-134 изменения обусловлены уменьшением количества отказов связного оборудования, управления ВС, шасси, навигационной аппаратуры. Улучшение показателя самолетов Як-42 обусловлено, в основном, отсутствием инцидентов из-за отказов системы кондиционирования, связного оборудования и гидравлической системы. На самолетах Ан-24 улучшение показателя обусловлено отсутствием отказов систем кондиционирования, электроснабжения, отбора воздуха от двигателя, приборов контроля работы двигателя, навигационной аппаратуры и снижением количества отказов шасси, двигателя и воздушных винтов. На вертолетах Ми-8Т улучшение показателя обусловлено отсутствием отказов систем трансмиссия вертолета, масляная система, топливная система вертолета, электроснабжение, кондиционирование и снижением (более чем в 2 раза) количества отказов противопожарного оборудования.

Анализ влияния отказов самолетов иностранного производства, эксплуатирующихся в Российской Федерации, на безопасность полетов. По самолётам производства фирмы Боинг наблюдается устойчивая тенденция к увеличению количества инцидентов, приходящихся на 1000 часов налета, как в целом, так и связанных с отказами авиационной техники причинам. По самолётам производства консорциума «Аэрбас индастри» количество инцидентов, приходящихся на 1000 часов налёта, находится на относительно установившемся уровне. Устойчивая тенденция самолетов фирмы "Боинг" обусловлена отказами систем: кондиционирование, шасси, управление ВС и пилотажно-навигационное оборудо-

вание. Данные показывают, что на самолетах иностранного производства наибольшее количество инцидентов происходит вследствие отказов следующих систем.

Самолет Боинг 737

- система кондиционирования (ФС 21) -24,3%;
- система управления ВС (ФС 27) – 14,4%;
- шасси (ФС 32) – 13,1%.

Самолет Боинг 747

- газотурбинный двигатель (ФС 72) – 34,3%;
- система управления ВС (ФС 27) – 22,9%;
- шасси (ФС 32) – 11,4%.

Самолет Боинг 757

- газотурбинный двигатель (ФС 72) – 27,0%;
- система управления ВС (ФС 27) – 16,2%;
- шасси (ФС 32) – 16,2%;
- система кондиционирования (ФС 21) – 8,1%.

Самолет Боинг 767

- шасси (ФС 32) – 27,6%;
- система управления ВС (ФС 27) – 20,7%;
- гидравлическая система ВС (ФС 29) – 8,0%;
- газотурбинный двигатель (ФС 72) – 4 случая (13%);

Самолеты А-319, А-320 и А-321

- шасси (ФС 32) – 29,1%;
- система кондиционирования (ФС 21) – 15,1%;
- система управления ВС (ФС 27) – 10,5%;
- газотурбинный двигатель (ФС 72) – 8,1%.

Самолет А-310

- шасси (ФС 32) – 21,8%;
- система управления ВС (ФС 27) – 18,2%;
- система выхлопа (ФС 78) – 16,4%;
- гидравлическая система (ФС 29) – 10,9%.

В целом по парку самолетов и вертолетов всех классов наиболее массовый характер имели инциденты из-за конструктивно-производственных недостатков шасси (2008г. – 24сл., 2007г. – 33сл.) и двигателей (2008г. – 24сл., 2007г. – 24сл.). Однако следует так же заметить, что, как упоминалось выше, наряду с недостатками самих двигателей значительное влияние на безопасность полетов самолетов, оказывают недостатки приборов контроля работы двигателей. В 2008г. из-за отказов этой системы произошло 5 инцидентов. При этом большая их часть явилась следствием отказов аппаратуры замера вибрации. Положение дел с надежностью отдельных подсистем контроля работы двигателей (стружка в масле, пожар, вибрация) практически не улучшилось. В 2008г. зарегистрировано 8 срабатываний сигнализации "Пожар". 6 из них оказались ложными. Из 6 инцидентов,

произошедших вследствие срабатывания сигнализации о повышенной вибрации двигателей, 4 явились следствием ложного срабатывания сигнализации. Причинами ложных срабатываний, как и ранее, явилась недостаточная надежность исполнительных блоков и датчиков. Мероприятия, направленные на повышение надежности работы этой аппаратуры, положительных результатов не дают. Таким образом было принято решение рассмотреть варианты по улучшению контроля за работой исполнительных блоков и датчиков [1].

2. Обзор вариантов мониторинга бортовых подсистем самолета

Бортовая система контроля двигателя (БСКД436-200) предназначена для оперативно-го контроля и диагностики состояния двигателей, локализации неисправностей их отдельных узлов, систем и агрегатов, и выдачи в системы индикации и регистрации информации о состоянии двигателей. БСКД436-200 обеспечивает: прием и преобразование аналоговых и дискретных сигналов от датчиков и сигнализаторов двигателей и самолета, а также сигналов в кодовом виде от электронных блоков различных систем, установленных на борту; формирование и выдачу информации в бортовые системы индикации и регистрации; проведение допускового контроля измеряемых параметров по фиксированным и "плавающим" пределам и выдачу в системы индикации и регистрации сигналов типа "событие" при достижении параметрами предельных значений; контроль работы отдельных систем силовой установки с формированием сигнала "событие" при обнаружении неисправности; формирование, хранение и выдачу информации о наработке двигателей; резервную индикацию основных параметров двигателей на индикаторах [2].

Более современным и технологичным является способ контроля двигателей самолета, которые управляются компьютером. В качестве системы обнаружения ненормальной работы, используемой для технического обслуживания, используют встроенные тестовые приборы («Built-In Test Equipment»: BITE), каждый из которых предназначен для обнаружения специфической неисправности в работе. В настоящее время большинство приборов BITE содержат в основном датчики, собирающие данные или параметры работы, и эти параметры оцифровываются и проверяются компьютерной программой относительно пороговых значений или заранее определенных математических моделей. В данном случае каждый двигатель управляется компьютером, обозначаемым аббревиатурой «FADEC» (Full Authority Digital Engine Control - полностью автономное электронно-цифровое управление двигателем). Каждый из компьютеров FADEC контролирует рабочие параметры двигателя, которым он управляет. Эти параметры двигателя сравниваются с заранее определенными пороговыми значениями, идентичными для идентичных конфигураций двигателей, независимо от самолета, на котором они установлены. Однако каждый из самолетов предназначен для своей области применения, которая определяет индивидуальность его износа. Следовательно, двигатели подвергаются специфическому износу, который невозможно смоделировать заранее определенным образом. Таким образом, вышеуказанные заранее определенные пороговые значения не позволяют осуществлять контроль специфических параметров износа двигателей. Вместе с тем, можно контролировать характеристический

параметр износа двигателей и отслеживать его ухудшение. Решением данной проблемы является способ контроля двигателей самолета, содержащего, по меньшей мере, два двигателя, каждый из которых управляется компьютером, при этом компьютеры соединены между собой при помощи сети связи, и каждый компьютер контролирует рабочие параметры двигателя, которым он управляет, при этом способ характеризуется тем, что два компьютера направляют в сеть значения, по меньшей мере, одного из упомянутых параметров для сравнения со значениями этого же параметра, поступающего от другого компьютера, при этом если одно значение отличается от другого на величину разности, превышающую заранее определенное пороговое значение, делается вывод, что один из диагностируемых двигателей работает ненормально. Поскольку среда и эксплуатация являются идентичными для обоих двигателей, то на регистрируемые разности влияют только их характеристики. Для конкретного самолета работа двигателя считается ненормальной, когда износ, обнаруженный по данному параметру, отличается от износа, обнаруженного по этому же параметру, другого двигателя, что подтверждают произведенные сравнения. Применении технологии установления избыточности, широко применяемой в системе обеспечения безопасности людей и самолета в вышеуказанной области интегрированных тестовых приборов ВТЕ, используемых для помощи в техническом обслуживании. Эта технология установления избыточности состоит в параллельном использовании идентичных критических агрегатов в количестве n таким образом, чтобы путем простого сравнения их выходных данных, которые в любой момент должны быть по существу идентичными, определить, является ли один из них неисправным или даже какой из них является неисправным и должен быть заменен. Обнаружение требует наличия двух параллельных агрегатов, тогда как выделение одного неисправного агрегата требует наличия трех параллельных агрегатов. Таким образом, избыточность двигателей используют одновременно для диагностики, прогнозирования и для технического обслуживания совместно с данными высокой вероятности. Предпочтительно сравнения и диагностику на основании этих сравнений осуществляют компьютеры, которые управляют двигателями, однако диагностику может осуществлять также независимый центральный компьютер, соединенный с сетью [4].

Заключение

Все быстрее внедряются новые технологии, конструкции, материалы, способы производства, методики ремонта и роботизированные средства. Заметный вклад в области безопасности полетов могут внести бортовые системы нового поколения, которые не только проводят мониторинг технического состояния ВС, но и могут точно предсказать момент, когда проблемный агрегат потребует замены. Подобные системы способны также диагностировать эпизодические отказы. Как видно, общая тенденция развития систем мониторинга приведет к полному отказу от проведения периодических работ по обслуживанию ВС; выполняться будут только те работы, которые действительно продиктованы состоянием самолета, причем их график будет оптимизирован с точки зрения эксплуатации ВС

[3]. Разумеется, развитие систем самодиагностики самолета и прогнозирования его состояния не приведет к полному отказу от инженерно-авиационной службы. Однако можно с уверенностью говорить, что внедрение новых подходов в системе ТОиР приведет к качественным изменениям в работе инженерно-авиационной службы, сокращению ее численного состава и повышению требований к квалификации.

Список литературы

1. Анализ влияния отказов авиационной техники на безопасность полетов [Электронный ресурс]: многопредмет. науч. журн. / *Моск. Фед. автоном. учр-е Авиационный регистр Российской Федерации*. Режим доступа: <http://www.flysafety.ru/files/razdel2.pdf> (дата обращ.21.02.17).
2. Бортовая система контроля двигателя. [Электронный ресурс]: ОАО Научно-исследовательский институт вычислительных средств Спектр / *Санкт-Петербург. рекламные материалы*. Режим доступа: <http://jsc-spectr.spb.ru/catalog/bskd436-200/> (дата обращ.18.04.17).
3. Самодиагностика самолетов [Электронный ресурс]: многопредмет. науч. журн./ *Моск. Дел. авиац. пор-л*. Режим доступа: <http://www.ato.ru/content/samodiagnostika-samoletov/> (дата обращ.20.03.17).
4. Способ контроля двигателя самолета. [Электронный ресурс]: библиограф. патен.-в. Режим доступа : <http://www.findpatent.ru/patent/238/2388661.html> (дата обращ.18.03.17).