

Разработка комплексной системы управления для самолета SSJ-NEW

ПАО «Московский институт электромеханики и автоматики», входящее в состав АО «Концерна «Радиоэлектронные технологии», является разработчиком и интегратором всей системы КСУ для самолета SSJ-NEW, а также разработчиком и изготовителем информационно-вычислительного комплекса этой системы.

В составе воздушного судна КСУ выполняет следующие функции:

- управление перемещением основных управляющих поверхностей самолета:
 - рулей высоты;
 - руля направления;
 - элеронов;
 - интерцепторов;
- управление перемещением стабилизатора;
- управление перемещением механизацией крыла;
- управление тормозными щитками;
- обмен сигналами и информацией внутри КСУ и со смежными системами самолета, в том числе, контроль входных данных, выдачу данных о состоянии КСУ, параметрах и командах КСУ, выдачу других информационных, предупредительных и аварийных сообщений в БИС, системы кабинной индикации и предупреждения экипажа, в систему регистрации полетной информации;
- контроль исправности собственного оборудования;
- переключение режимов работы и управления, отключение отказавшего оборудования, подсистем, датчиков;
- функция предупреждения перекоса секций предкрылков/закрылков.

Комплексная система управления для самолета SSJ-NEW структурно состоит из следующих частей:

- органы управления и пульты в кабине экипажа;
- электрогидравлические приводы руля высоты, руля направления, элеронов и интерцепторов с цифровыми блоками управления;
- система управления механизацией крыла с механической частью, электроприводами и цифровыми блоками управления;

- система управления механизмом перемещения стабилизатора с электромеханизмом и цифровыми блоками управления;
- информационно-вычислительный комплекс с цифровыми модулями;
- ручного и автоматического режимов управления полётом и тягой;
- датчики контроля перекоса секций предкрылоков и закрылоков.

Система имеет в своём составе более 100 наименований компонентов, состоящих из более чем 500 комплектующих изделий.

Разработка системы ведется с применением двух «базовых» документов: Р-4754А, направленное на аспекты проектирования воздушных судов и бортовых систем по критериям безопасности, и, как обязательная часть данной концепции, документ, регламентирующий методы оценки безопасности Р-4761.

В контексте документа Р-4754А организована разработка с применением процессного подхода, который определяет наличие следующих процессов:

- Планирование
- Разработка и восемь интегральных процессов:
 1. Оценка безопасности
 2. Назначение уровня гарантии проектирования
 3. Формирование требований
 4. Валидация требований
 5. Верификация реализации
 6. Управление конфигурацией
 7. Гарантия процессов
 8. Координация с сертифицирующим органом

В результате планирования определены: мероприятия процесса разработки и интегральных процессов применительно к уровню гарантии разработки системы в целом, а также программных и аппаратных элементов с учётом требований к воздушному судну; взаимосвязи между процессами разработки и интегральными процессами; входные и выходные данные каждого процесса и стадии разработки; критерии входа и выхода интегральных процессов и стадий разработки. Разработаны стандарты системного уровня, для аппаратуры и ПО, соответствующие целям обеспечения безопасности. При планировании синтезированы чёткие критерии начала и завершения процессов, обеспечена прослеживаемость хода выполнения работ и интеграции основных элементов, входящих в систему. Разработан набор взаимосвязанных планов, описывающих

каждый процесс на уровне системы в соответствии с Р-4754А, а также её аппаратных и программных элементов в соответствии с КТ-254 и КТ-178С соответственно.

На каждом уровне идентификации требований выполнены интегральные процессы оценки безопасности, назначения уровня гарантии, формирования требований и их валидации.

Идентифицированы функции воздушного судна и требования к ним, требования к системе и элементам. Формирование требований к элементам выполнено методом распределения функциональных требований уровня системы на выбранную архитектуру, определяющую взаимосвязь программно-аппаратных, гидравлических и электромеханических элементов. При этом зафиксированы производные требования, вытекающие из принятых проектных, архитектурных и интерфейсных решений с необходимым инженерным обоснованием.

Проведены предварительные оценки безопасности (PSSA), анализы общего режима (СМА) как системы в целом, так и подсистем, и входящих компонентов. По результатам PSSA и СМА систем, подсистем сформированы требования по отказобезопасности, уровни гарантии проектирования (IDAL), назначенные на программные и аппаратные элементы системы, а также требования по независимости возникновения отказов элементов системы (например, требования по электропитанию от разных шин или гидросистем, требования к архитектуре вычислительных модулей, построенных по принципу канал управления – канал контроля).

На каждом иерархическом уровне требований проведена их валидация. Рассмотрения требований выполнены с применением контрольных перечней, а также выполнен анализ трассируемости и обоснования производных требований, полученных при распределении системных требований на элементы системы.

Начата верификация по методу «снизу-вверх» от верификации элементов, через верификацию системы к испытаниям воздушного судна. Определены методы подтверждения требований на различных уровнях с помощью стендов, инструментальных, полунатурных, натурных тестовых окружений, лабораторных испытаний, специализированных аппаратных и программных комплексов. Часть требований планируется подтверждать на стенах подсистем и компонентов, часть – на интеграционном стенде, часть – в наземных и лётных испытаниях воздушного судна.

На протяжении всей разработки системы ведётся конфигурационный контроль. Единицы конфигурации (элементы, программно-аппаратные изделия, система в целом, а также документация) идентифицированы, установлены базовые версии единиц конфигурации, а также ведется отслеживание изменений для установления трассируемости между разными базовыми версиями единиц конфигурации через процедуры создания сообщений о проблеме и запросов на изменения единиц конфигурации. Такой подход позволяет устанавливать облик системы и входящих в неё компонентов в любой конкретный момент жизненного цикла. В идентификацию элементов и изделий введены дополнительные атрибуты (версии ПО, аппаратуры, компонентов и системы в целом), аналогичные принятому за рубежом Part number, аналогов которых нет при разработке систем традиционными методами по ГОСТ.

В рамках процесса гарантии выполняются формализованные проверки и рассмотрения документации жизненного цикла и процессов (мероприятия, критерии перехода, полученные выходные данные) с целью выявления несоответствий запланированным действиям, описанным в планах.

Кроме того, в 2021 г. ПАО «МИЭА» в сотрудничестве с кооперацией изготовлены компоненты и детали комплексной системы управления для:

- стендов главных конструкторов для отладки и отработки;
- предварительных и квалификационных испытаний;
- интеграционного стенда КСУ;
- 1-го летного самолета;
- стенда «Электронная птица»;
- ресурсного самолета.

Изготовлено технологическое оборудование, стенды для испытаний компонентов и подсистем, а также интеграционный стенд комплексной системы управления. Интеграционный стенд позволяет проводить отработку полной системы управления, как со штатным оборудованием, так и с имитаторами органов управления и приводов, а также позволяет имитировать отказы внутри системы управления.

Для квалификации согласно ФАП-21 система декомпозирована на компоненты разных классов. При этом правила квалификации для компонентов отличаются, что позволяет сократить объём работ, выполняемых в ходе разработки и испытаний электромеханических, механических, гидравлических

компонентов системы, по сравнению с компонентами, содержащими программное и аппаратное обеспечение, поскольку для них нет необходимости в подаче заявки на получение СГКИ в Авиационные власти. В Авиационные власти поданы Заявки на получение СГКИ и проведены Макетные комиссии для следующих компонентов III класса категории А:

- вычислителей верхнего уровня двух типов;
- вычислителей нижнего уровня двух типов;
- датчики угловых скоростей (ДУС);
- электрогидравлических приводов (ЭГСП):
 - рулей высоты с электронными блоками приводов двух типов;
 - руля направления с электронными блоками приводов двух типов;
 - элеронов с электронными блоками приводов двух типов;
 - интерцепторов с электронными блоками приводов двух типов;
- системы управления механизмом перемещения стабилизатора (СУМПС);
- электронного блок механизации крыла.

Остальные изделия из состава КСУ являются компонентами III класса категории Б и компонентами II класса.

Разработаны документы, необходимые для начала и проведения предварительных и квалификационных испытаний. Пройдены аудиты этапа «Планирование» (SOI1) для части компонентов III класса категории А с участием Экспертных групп Авиарегистра РФ на соответствие процессов жизненного цикла требованиям КТ-254, КТ-178С и Р-4754А.