

«Разработка и организация серийного производства информационно-управляющей системы самолетов Су-35 и Су-35С»

Публичное Акционерное Общество
«Объединенная Авиастроительная Корпорация»
«ОКБ Сухого»

1. ВВЕДЕНИЕ

При формировании облика перспективного авиационного комплекса (АК) пятого поколения, с учетом предъявляемых со стороны МО РФ требований к АК, был существенно расширен круг задач, выполняемых АК, усилены требования к точностным характеристикам и эффективности боевого применения, малозаметности, взаимодействию в составе группы и с наземными пунктами управления. Анализ задач, решение которых возлагается на АК, принимаемые способы их решения и обеспечения их выполнения показал, что они в целом не присущи ни одной из традиционных обзорно–прицельных систем комплексов бортового оборудования (КБО), и их решение не может быть обеспечено разработчиками отдельных подобных систем. Задачи должны решаться АК в целом, и для их выполнения должна быть изменена структура КБО: реализовано мощное центральное вычислительное ядро, в виде высокоинтегрированной интеллектуальной бортовой системы, интегрирующее все системы КБО, общесамолетного оборудования и силовой установки (ОСО и СУ) в единый согласованно и надёжно работающий комплекс.

Задачи, решаемые комплексом:

- автоматизированное управление режимами работы всех подсистем КБО и ОСО, контроль их состояния;
- взаимодействие КБО с экипажем АК, в том числе:
 - комплексная обработка и представление экипажу информации, получаемой от всех обзорно – прицельных и информационных систем КБО;
 - интеллектуальная поддержка работы экипажа при ведении боевых действий, в отказных и аварийных ситуациях;
 - обеспечение оперативного и удобного управления экипажем работой КБО и ОСО на всех этапах полёта и боевого применения;
- автоматизированное информационное взаимодействие с внешними, по отношению к АК, средствами ВС (другими АК, ЕАСУ ВС и др.);
- автоматизированное управление исполнительными системами боевого применения, обороны и обеспечения безопасности.

Ни одно из предприятий авиаприборостроительной отрасли не обладало

столь широким кругом компетенций, чтобы ответственно возглавить столь новую и функционально разнообразную разработку. В этой связи, руководство ОКБ Сухого приняло решение впервые взять на себя разработку системы КБО, определяющей сущность АК в целом, как Головной разработчик АК, который должен нести всю полноту ответственности за её создание и качество работы на всём протяжении жизненного цикла АК. Реализация высокоинтегрированной интеллектуальной системы обеспечений многофункционального применения боевого сверхманевренного самолета получило название «Информационно-управляющая система» (ИУС).

Интегрированный борт с ИУС, является одним из основных признаков истребителя 5-го поколения. Однако, ввиду необходимости обеспечить ВС РФ современными истребителями до ввода в строй Т-50, а так же высокого уровня сложности и новизны новой структуры АК, было принято решение внедрить систему ИУС на самолеты Су-35/35С. Такой подход позволил разработать в относительно короткие сроки современный истребитель поколения «4++» или «5-» для МО РФ, повысить его экспортную привлекательность и, в том числе, использовать Су-35/35С для практической отработки технических решений, разрабатываемых для Т-50.

Разработка ИУС позволила ПАО «Компания «Сухой» освоить новые компетенции и стать признанным лидером в разработке сложных интегрированных систем. Полученный при создании ИУС опыт востребован не только другими предприятиями авиационной отрасли, но и в смежных отраслях.

При этом помимо роли разработчика ИУС, ПАО «Компания «Сухой» потребовалось решить еще одну абсолютно новую для себя задачу – серийное изготовление ИУС.

ПАО «Компания «Сухой» в 2010 году были заключены контракты на поставку самолетов Су-35С, а позже и Су-35. В целях выполнения Гособоронзаказа и контрактов с инозаказчиками по линии ВТС были развернуты работы по организации серийного производства ИУС. В кратчайшие сроки был проделан огромный объем работы, начиная с выстраивания новых бизнес-процессов внутри компании и заканчивая изменением нормативной документации, позволивший успешно обеспечить выпуск серийных комплектов и высокое качество изготавливаемых изделий.

2. ОСНОВНЫЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫСОКОИНТЕГРИРОВАННОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ БОРТОВОЙ СИСТЕМЫ

2.1. Принцип распределения задач между системами КБО и ИУС

Важным аспектом, определяющим успешное построение «ядра» КБО, являлось определение принципов перераспределения задач между системами КБО и новой системой ИУС. После проработки, был сформулирован общий принцип, положенный в основу распределения задач, который заключается в следующем:

– решение комплексных задач, требующих анализа информации более чем от одной функционально законченной системы КБО, должно осуществляться на вычислительных ресурсах ИУС, в которой сосредоточен весь объем информации о внешней обстановке, полетном задании, состоянии систем КБО, ОСО, АСП, ЛА и экипажа и которая имеет высокую надежность и большую производительность;

– задачи, тесно связанные со спецификой аппаратно-программной реализации систем КБО, должны решаться с использованием вычислительных ресурсов систем КБО.

Развитие данного принципа приводит к следующим положениям:

- 1 Вычислительные ресурсы ИУС должны обеспечивать решение следующих категории задач:
 - 1.1 Управление взаимодействием всех систем КБО, АСП и ЛА для оптимального решения задачи авиационного комплекса (АК) в целом, в том числе выбор режимов работы систем, распределение их приоритетов и обеспечения ЭМС, выбор АСП и маневров ЛА.
 - 1.2 Задачи, не являющиеся непосредственной принадлежностью отдельной системы, связанной с ее физической и функциональной спецификой.
 - 1.3 Задачи, требующие для своего оптимального решения, использования всей информации, имеющейся на борту, т.е. информации бортовых и внешних взаимодействующих систем, а также априорной информации заложенной в полетном задании. К таким задачам, например, относятся ранжирование целей по степени опасности и приоритетности, а так же распознавание их класса и типа, госпринадлежности и др.
 - 1.4 Все тактические задачи боевого применения, как в процессе подготовки и проведения атаки, так и на маршруте при одиночных и групповых действиях.

- 1.5 Задачи контроля и управления КБО и ЛА, связанные с безопасностью полета, требующие высокой степени надежности их решения.
- 1.6 Задачи, требующие больших вычислительных мощностей (производительности и объема памяти).
- 1.7 Организация контроля функционирования КБО, получение информации об отказах или отклонениях от штатного функционирования с целью оперативной реконфигурации КБО.
- 2 Вычислительные средства функциональных систем должны решать следующие задачи:
 - 2.1 Управление работой системы в соответствии с заданием, выданным ИУС.
 - 2.2 Обработка принимаемой информации до уровня функционального назначения системы и выдача ее в ИУС или по командам ИУС в другие системы.
 - 2.3 Отдельные задачи, связанные только со спецификой системы, но выходящие за рамки ее функционального назначения как датчика, реализация которых в ИУС не вносит новых качеств в их решение. Например, оценка ЭПР цели, распознавание ее типа, коррекция БИНС по данным СНС и т.п.
 - 2.4 Информационное обеспечение отдельных видов АСП, связанных с необходимостью высокой степени синхронизации работы системы и АСП.

2.2. Высокоинтегрированная интеллектуальная бортовая система Су-35/Су-35С и основные принципы ее проектирования

2.2.1. Состав и структура

Информационно - управляющая система ИУС-35/35С состоит из следующих составных частей:

- Многофункциональный аппаратный комплекс
 - Бортовая цифровая вычислительная машина (2 шт.)
 - Многофункциональный цветной индикатор (1 шт.)
 - Многофункциональный пульт-индикатор (1 шт.)
 - Внешнее запоминающее устройство (1 шт.)
 - Коллиматорный авиационный индикатор (1 шт.)
 - Блок преобразования и коммутации телевизионных сигналов (1 шт.)
- Блок-концентратор сигналов (2 шт.)
- Мультиплексный канал информационного обмена (1 к-т)

- Функциональное программное обеспечение ИУС (1 к-т)

2.2.2. Укрупненный перечень задач и новизна в их решении

Информационно-управляющая система предназначена для решения следующих задач:

- управления КБО;
- управления общесамолётным оборудованием (ОСО);
- комплексной обработки информации;
- отображения информации и обработки сигналов от органов управления
- навигации;
- задач БП;
- подготовки и применения АСП;
- формирования целевой обстановки по данным ОПС, взаимодействующих ЛА и наземных ПУ;
- автоматического управления ЛА;
- групповых действий;
- контроля бортовых систем;
- интеллектуальной поддержки экипажа;
- обеспечения безопасности полёта;
- реализации тренажных режимов;
- задач, связанных с использованием баз данных;
- информационного обеспечения СО ЭМС о режимах работы КБО и назначаемых экипажем приоритетах работы бортовых «РЭС».

Исследования показывают, что уровень автоматизации работы экипажа для АК 4-го поколения позволяет реализовать потенциальные технические возможности ЛА, КБО и оружия лишь на 40...60% и ниже, что обусловлено, главным образом, информационной перегрузкой экипажа в сложных боевых ситуациях и ограниченными физиологическими возможностями при необходимости одновременного управления несколькими процессами. Применение высокоинтегрированной системы, получающей информацию от всех систем, позволило значительно повысить уровень автоматизации работы экипажа и реализовать выполнение возросшего круга задач одноместным экипажем.

Одной из новых ключевых свойств ИУС, позволивших добиться этого, стала комплексная обработка информации. За счет этого стало возможным освободить летчика от многих мелких рутинных операций при управлении КБО (например, выбор размеров зоны обзора ОПС в зависимости от условий в боевой ситуации), обеспечить интеллектуальную поддержку летчика, через подсказки

или принятие решений в зависимости от состояния систем и тактической обстановки. Кроме того, была введена функция автоматической реконфигурации ИУП, которая обеспечивает пилота необходимым объемом индикационной информации при любых отказах систем и в конкретных боевых ситуациях. Реконфигурация ИУП сделала возможным полностью реализовать на Су-35/35С принцип «стеклянной кабины», т.е. обеспечить полный отказ от электромеханических приборов.

В части боевого применения, комплексирование информации позволило не только повысить точность применения АСП, но и решить такие задачи, как увеличение одновременно применяемых АСП по воздушным и наземным целям. При групповых действиях реализован уникальный алгоритм автоматизации целераспределения внутри группы самолетов, что значительно повышает боевую эффективность группы при наличии большого количества целей.

Одним из принципиально новых решений стал отказ от отдельной системы управления ОСО и реализацию ее, как функции ИУС. В обеспечение этого, в состав ИУС был включен блок БКС, осуществляющий преобразование аналоговых сигналов в цифровые и обратно. ИУС осуществляет автоматизированное управление системами СКВ, ПОС, ВСУ, а так же информационное обеспечение систем КСАП, ТС, КРД, СДУ-Д, ПУД-50, предоставляя летчику возможность сконцентрироваться на выполнении основной задачи. Помимо этого, принятая архитектура позволила реализовать на вычислительных ресурсах ИУС функцию контроля и индикации состояния систем и функцию наземного технического обслуживания.

Функция контроля и индикации состояния систем производит непрерывный сбор и анализ информации об отказах, поступающей от ВСК систем КБО, ОСО и СУ. При этом отказы ранжируются по приоритету в зависимости от этапа полета и выдаются обобщенные рекомендации летчику по парированию отказов. Функция наземного технического обслуживания КБО позволяет техническому персоналу осуществлять через ИУС расширенный наземный контроль систем КБО, ОСО и СУ и получать детализированную информацию о его результатах без подключения дополнительного наземного оборудования.

Данный подход позволил получить выигрыш в характеристиках эксплуатационной технологичности: уменьшается число контрольно-проверочной аппаратуры (КПА); упрощается сама процедура проведения технического обслуживания и повышается ее качество.

Новыми элементами, обеспечивающими повышение безопасности полета, стала реализация предупреждения о столкновении с землей, основываясь не только на информации от датчиков, но и цифровой карты местности (ЦКМ).

Помимо этого, была реализована функция информационного обеспечения системы ограничительных сигналов комплексной системы управления, которая заменила ранее входивший в состав КСУ отдельный блок.

В Российской Федерации, внедренные аналоги подобной системы отсутствуют. Информация о зарубежных аналогах в открытой печати не найдена.

3. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ ИУС

3.1. Многофункциональный аппаратный комплекс (МАК)

Состав:

- Бортовая цифровая вычислительная машина БЦВМ «Багет-53-31М» – 2 шт.;
- Внешнее запоминающее устройство ВЗУ-1-1 – 1 шт.;
- Блок преобразования и коммутации телевизионных сигналов БПКС-2 – 1 шт.;
- Многофункциональный индикатор МФИ-35 – 2 шт.;
- Многофункциональный пульт-индикатор МФПИ-35М – 1 шт.;
- Коллиматорный авиационный индикатор КАИ-35 – 1 шт.

3.1.1. Бортовая цифровая вычислительная машина «Багет-53-31М»

Бортовая цифровая вычислительная машина БЦВМ «Багет-53-31М» предназначена для организации взаимодействия подсистем комплекса бортового радиоэлектронного и сопрягаемого оборудования, комплексной обработки информации, решения задач навигации и управления, а также специальных задач.

БЦВМ «Багет-53-31М» защищена патентом №2414390 «Бортовая цифровая вычислительно-управляющая система ЛА», а также свидетельством РФ на программу ЭВМ №2002610113 «Программа тестирования ряда ЭВМ «Багет-53» (ТПО Багет-53)».

3.1.1.1. Технические и эксплуатационные характеристики БЦВМ «Багет-53-31М»

- совокупные вычислительные ресурсы: 4500 млн.оп./с



Рисунок 1. Фотография БЦВМ «Багет-53-31М»

- совокупные объемы памяти (ОЗУ, ПЗУ, ЭЗУ): объем флэш-памяти – 96 МБ., объем ОЗУ – 1,5 ГБ.
- каналы ввода-вывода (с учетом контрольных):
 - 16 входных/8 выходных независимых каналов последовательного обмена по ГОСТ 18977 и РТМ 1495-75 (с учетом изменений 2, 3)
 - 2 полнодуплексных канала интерфейса Fibre Channel для информационного обмена с линейная скоростью передачи данных – 1062,5 Мбит/с
 - 4 канала мультиплексного обмена с резервированием в соответствии с ГОСТ Р 52070-2003
 - 6 технологических каналов интерфейса Ethernet для обеспечения загрузки и отладки ПО в БЦВМ
- входные/выходные разовые команды:
 - 20 входных линий;
 - 21 выходная линия.
- программное обеспечение:
 - ОС РВ Багет 2.0 разработки НИИСИ РАН
- время готовности: не более 30 сек. с момента подачи питания.
- время непрерывной работы: 12 ч при наличии охлаждения.
- время работы без обдува до 30 мин;
- напряжение питания: две линии 27 В постоянного тока по ГОСТ 19705-89 с Приложением №5 и ГОСТ Р 54073-2010 с Приложением В
- потребляемая мощность: не более 140 Вт;
- масса изделия: не более 18 кг.
- средняя наработка на отказ в полете: 7000 ч.

3.1.2. Внешнее запоминающее устройство ВЗУ-1-1

Внешнее запоминающее устройство ВЗУ-1-1 предназначено для подключения сменного модуля памяти энергонезависимой (СМПЭ), содержащего программу полета, цифровую карту местности и необходимые исходные данные. По линии мультиплексного обмена по командам бортовой цифровой машины (БЦВМ) ВЗУ-1-1 выполняет операции чтения, записи и выдачи информации из СМПЭ в БЦВМ.



Рисунок 2. Общий вид ВЗУ-1-1

3.1.2.1. Технические характеристики:

- слот подключения СМПЭ по стандарту PC Card, ATA, Type II, размером до 1 Гб. В качестве СМПЭ используется модуль памяти энергонезависимой МПЭ-10
- внешний интерфейсный канал: канал мультиплексного обмена по ГОСТ Р 52070-2003 в режиме оконечного устройства.
- напряжение питания: 27 В постоянного тока по ГОСТ 19705-89 с Приложением №5
- потребляемая мощность: до 10 Вт
- время инициализации при включении питания: не превышает 30 с (без контроля СМПЭ)
- время непрерывной работы изделия: не менее 12 ч
- габаритные размеры: 244x221x81 мм
- масса изделия: не более 2,5 кг
- не требует внешнего принудительного обдува
- средняя наработка на отказ в полете: не менее 10000 ч

3.1.3. Блок преобразования и коммутации телевизионных сигналов БПКТС-2

БПКТС-2 предназначен для приема аналоговых и цифровых телевизионных сигналов, преобразования, коммутации и выдачи их на многофункциональные индикаторы, коллиматорный авиационный индикатор и средства регистрации в составе комплекса.



Рисунок 3. Внешний вид БПКТС-2

3.1.3.1. Технические и эксплуатационные характеристики:

- количество входных телевизионных каналов: 15 аналоговых, 8 цифровых;
- количество выходных телевизионных каналов: 6 цифровых интерфейсов типа Fibre Channel (X3.230-1994) со скоростью 1 Гбит/с;
- поддерживаемые форматы выходного телевизионного изображения (в пикселях): 1336x1002, 668x1002 и 768x576;
- задержка между входным и выходным изображением не превышает времени одного кадра;
- режимы преобразования:
 - отображение – выдача на выход телевизионного изображения, поступающего по одному (любому) входному каналу;
 - наложение – выдача на выход телевизионного изображения, формируемого из изображения, получаемого по цифровому или аналоговому входу, путем наложения на него до 4 врезок (непрозрачных), формируемых из изображений, поступающих по аналоговым или цифровым каналам;

- окно в окне - выдача на выход телевизионного изображения, формируемого путем склеивания от двух до четырех изображений, поступающих по аналоговым или цифровым каналам;
- совмещение – выдача на выход телевизионного изображения, формируемого путем приведения двух видеоизображений к одному формату, создания в одном из видеоизображений полупрозрачного слоя и наложения изображения с полупрозрачным слоем на другое видеоизображение.
- виды масштабирования входных телевизионных сигналов:
 - растягивание (сжатие) входного изображения до заданных по информации от БЦВМ размеров;
 - вырезание из входного изображения окон заданных по информации от БЦВМ размеров.
- режимы обработки:
 - обзор – исходная информация должна выводиться из БПКТС на средства индикации без потери разрешения;
 - невязка - обнаружение в изображении текущего канала «образца объекта», совпадающего с центром изображения другого канала, с вычислением невязки между центрами раstra этого канала и «образца объекта» с передачей той информации в БЦВМ
 - коррекция – исходные изображения сглаживаются, проводится повышение их контрастности на основании анализа всего исходного изображения;
 - повышение контраста – контраст изображения повышается на основании анализа участка изображения, указанного оператором.
- обмен с БЦВМ осуществляется по двум каналам последовательного кода по ГОСТ 18977-79 и РТМ 1495-75 (с изм. 2,3)
- одновременное отображение информации на один индикатор от 1 до 5 датчиков телевизионного изображения
 - возможен одновременный вывод на индикаторы суммарно 8-ми изображений, полученных по аналоговым каналам, и 6-ти, полученных по цифровым каналам
 - возможна выдача информации в БЦВМ о невязке центров изображений от двух аналоговых датчиков изображения
 - возможно производить наложение двух изображений друг на друга с изменением прозрачности налагаемого изображения под управлением БЦВМ от 90% до 10%.
 - возможно по команде от БЦВМ повышение контрастности изображений, полученных по аналоговым ТВ каналам

- время непрерывной работы – 12 ч при наличии охлаждения;
- напряжение питания: 115 В переменного тока с частотой 400 Гц по ГОСТ 19705-89 с Приложением №5
- потребляемая мощность: 120 ВА при питании от сети переменного тока
- габаритные размеры: 354x158x195 мм
- конструктивное исполнение: моноблок 2,5К (по ГОСТ 26765.16-87)
- масса изделия без монтажной рамы: не более 6,5 кг.
- средняя наработка на отказ в полете: не менее 10000 ч.

3.1.4. Многофункциональный индикатор МФИ-35

Многофункциональный жидкокристаллический индикатор МФИ-35 предназначен для отображения на своем экране монохромной и цветной знакографической, телевизионной и смешанной информации, как задаваемой от внешних источников, так и формируемой с использованием процессоров и устройств памяти, входящих в его состав. Индикатор имеет высокую разрешающую способность, что позволяет отображать любые видеоизображения с накладываемой на них символикой.

МФИ-35 защищен патентами №2178375, №2181093 «Авиационный многофункциональный индикатор», а также свидетельством РФ на программу ЭВМ: №2000611326 «Комплекс программно-математического обеспечения авиационного многофункционального цветного индикатора (ПМО МФИ)».



Рисунок 4. Внешний вид индикатора МФИ-35

3.1.4.1. Технические и эксплуатационные характеристики:

- тип экрана: жидкокристаллический активно-матричный
- размер экрана: 15";
- интерфейсы:

- 1 входной цифровой видеоканал Fibre Channel со скоростью передачи 1 Гб/с;
- видеовыход: 1 канал Fibre Channel со скоростью передачи 1 Гб/с;
- 1 резервированный канал МКИО по ГОСТ Р 52070-2003;
- 16 входных и 8 выходных каналов последовательного обмена по ГОСТ 18977-79 и РТМ 1495-75;
- 1 канал 100Base-T и 1 канал RS-232C для загрузки программного обеспечения;
- интерфейс летчика: панель управления с 40 динамически программируемыми многофункциональными кнопками и 2 многооборотными манипуляторами со встроенными кнопками;
- программное обеспечение: ОСРВ Багет 2.0 разработки НИИСИ РАН;
- напряжение питания: от сети постоянного тока 27 В; цепи обогрева – от сети переменного 3-х фазного тока 115 В 400 Гц;
- потребляемая мощность:
 - от сети постоянного тока 27 В: 130 Вт;
 - от сети переменного 3-х фазного тока 115 В 400 Гц: 200 ВА;
- габариты: 270x345x160 мм;
- масса: 12 кг;
- наработка на отказ в полете: не менее 7000 ч.

3.1.5. Многофункциональный пульт-индикатор МФПИ-35М

Многофункциональный цветной пульт-индикатор МФПИ-35М предназначен для отображения информации, а также для ввода в комплекс бортового радиоэлектронного оборудования командной параметрической информации. Пульт-индикатор имеет высокую разрешающую способность, что позволяет отображать любые графические изображения с высоким качеством.

3.1.5.1. Технические и эксплуатационные характеристики:

- тип экрана: жидкокристаллический активно-матричный;
- размер экрана: 6";



Рисунок 5. Внешний вид МФПИ-35М

- видеовыход на регистратор: 1 канал Fibre Channel со скоростью передачи 1 Гб/с;
- 1 резервированный канал МКИО по ГОСТ Р 52070-2003;
- 12 входных и 1 выходной канал последовательного обмена по ГОСТ 18977-79 и РТМ 1495-75;
- 1 канал 100Base-T и 1 канал RS-232C для загрузки ПО;
- интерфейс летчика: 22 многофункциональные кнопки с ночным подсветом и 1 многооборотный манипулятор со встроенной кнопкой;
- программное обеспечение: ОСРВ Багет 2.0 разработки НИИСИ РАН;
- напряжение питания: от сети постоянного тока 27 В; от сети переменного 3-х фазного тока 115 В 400 Гц; потребление цепи подсвета кнопок от сети переменного тока 5,5 В 400 Гц;
- потребляемая мощность:
 - от сети постоянного тока 27 В: не более 70 Вт;
 - от сети переменного 3-х фазного тока 115 В 400 Гц: электроника - не более 50 ВА, обогрев - не более 120 ВА;
 - от сети переменного тока 5,5 В 400 Гц: не более 15 ВА;
- габариты: 136x180x150 мм;
- масса: 5 кг;
- наработка на отказ в полете: не менее 8000 ч.

3.1.6. Коллиматорный авиационный индикатор КАИ-35

Коллиматорный авиационный индикатор КАИ-35 предназначен:

– для обеспечения наблюдения на фоне внекабинного пространства высокояркостного коллимированного изображения информации, формируемой в соответствии с управляющими сигналами, полученными от сопрягаемых систем;

– для ввода в КБО командной и параметрической информации на всех этапах полета, отображения экипажу необходимой информации посредством встроенного пульта управления информацией с активно-матричным цветным дисплеем.

КАИ-35 защищен патентами: №2408938 «Система управления и индикации летательного аппарата», №2431204 «Коллиматорный авиационный индикатор», №2358303 «Индикатор коллиматорный широкоугольный», а также свидетельством РФ на программы ЭВМ №2000611326 «Комплекс программно-математического обеспечения авиационного многофункционального цветного индикатора».

3.1.6.1. Технические и эксплуатационные характеристики:

- полное поле зрения: не менее 30°;
- мгновенное поле зрения: не менее 22° по горизонтали и 21,5° по вертикали;



Рисунок 6. Внешний вид КАИ-35

– интерфейсы:

- видеовыход - канал Fibre Channel со скоростью передачи 1 Гб/с;

- МКИО — 1 резервированный канал по ГОСТ Р 52070-2003;
- 8 входных и 1 выходной канал последовательного обмена по ГОСТ 18977-79 и РТМ 1495-75;
- интерфейс летчика: панель управления с динамически программируемыми 22 кнопками и многооборотными манипуляторами со встроенной кнопкой;
- программное обеспечение: ОС РВ Багет 2.0 разработки НИИСИ РАН;
- напряжение питания и потребляемая мощность: 2 независимых канала питания : 115В 400Гц переменного тока (не более 150 ВА) и 27 В постоянного тока по ГОСТ 19705-89 с Приложением №5 (70Вт);
- потребляемая мощность: не более 150 ВА;
- масса изделия: не более 22 кг;
- конструктивное исполнение: моноблок с монтажной рамой, обеспечивается установка видеокамеры переднего обзора и оптико-локационных блоков наשלемой системы целеуказания;
- средняя наработка на отказ в полете: 5000 ч.

3.2.Блок-концентратор сигналов БКС-35

Блок-концентратор сигналов БКС-35 выполняет следующие функции:

- прием и преобразование в цифровой формат аналоговой и дискретно - аналоговой информации, принимаемой от бортового оборудования
 - прием и преобразование цифровой информации в силовые электрические сигналы
 - проведение контроля собственной работоспособности в полете и на земле и выдачу сигнала исправности в сопрягаемое оборудование
 - загрузку программного обеспечения.
- Блок состоит из двух идентичных независимых каналов А и Б.



Рисунок 7. Внешний вид блока БКС-35

3.2.1. Технические и эксплуатационные характеристики:

- Мощность, потребляемая блоком, не более 60 Вт;
- Масса блока не более 6,3 кг;
- Время непрерывной работы блока - не более 12 ч;
- Каждый канал блока принимает и преобразовывает в цифровой формат 112 дискретных сигналов в виде разовых команд (РК) первого (1-го) и второго (2-го) типов по ГОСТ 18977-79.

- Каждый канал блока обеспечивает прием информации в виде последовательного кода с характеристиками по ГОСТ 18977-79 и в соответствии с РТМ 1495-75 с изменением 3. Способ обмена - асинхронный. Количество принимаемых КЛС - 6. Скорость приема КЛС устанавливается программно из следующих значений: $(100 + 1)$ кбит/с, $(50,0 + 0,5)$ кбит/с, от 12,0 до 14,5 кбит/с.

- Каждый канал блока обеспечивает формирование и выдачу информации по четырем КЛС с характеристиками по ГОСТ 18977-79 и в соответствии с требованиями РТМ 1495-75 с изменением 3. Способ обмена - асинхронный. Скорость передачи КЛС устанавливается программно из следующих значений: $(100 + 1)$ кбит/с, $(50,0 + 0,5)$ кбит/с, от 12,0 до 14,5 кбит/с.

- Каждый канал блока обеспечивает выдачу информации в виде 31 сигнала управления, поступающих от независимых командных портов. Каждый канал блока принимает 40 аналоговых сигналов. Каждый канал блока обеспечивает прием информации по резервированному мультиплексному каналу информационного обмена в соответствии с ГОСТ Р 52070-2003 в режиме оконечного устройства.

3.3. Информационные линии связи

3.3.1. Мультиплексный канал информационного обмена МКИО

МКИО предназначен для организации информационного обмена между системами АК в соответствии с ГОСТ Р 52070-2003 и представляет собой детерминированную надежную организацию передачи данных для объединения распределенных вычислительных средств подсистем, функционирующих в режиме реального времени.

3.3.2. Линии передачи информации Fiber Channel

Fibre Channel – надежная технология соединений с пропускной способностью от единицы до десяти Гбит/с является одной из лучших для обеспечения быстродействующего обмена между устройствами.

В связи с необходимостью передавать большие массивы данных и видеоизображение от различных датчиков и устройств используются две независимые ЛПИ Fibre Channel: для передачи видеоинформации и для передачи данных. При этом, в обоих случаях используется топология типа «точка-точка».

Линии Fibre Channel по стандарту X3.230-1994 для передачи видеоинформации коммутируются и обрабатываются в БПКТС; для передачи видеоизображений используются однонаправленные линии FC. В качестве физической среды используется металлический кабель.

Данные линии, со скоростью передачи 1,065 Гбит/с позволяют передавать изображение от любого источника на борту с частотой не менее 25 кадров/с.

В реализации высокоинтегрированной интеллектуальной бортовой системы на Су-35/35С, обмен данными по стандарту FC реализован только между двумя БЦВМ. В качестве физической среды передачи выбран оптоволоконный кабель.

3.4. ПО ИУС

Программное обеспечение ИУС, состоит из загружаемых в аппаратуру ИУС (БЦВМ, МФИ, МФПИ, КАИ, БКС) частей и обеспечивает решение всей совокупности функциональных задач ИУС.

3.4.1. ПО БЦВМ

Основной объем вычислительных задач ИУС решает ФПО БЦВМ. Отличительной особенностью ПО БЦВМ ИУС-35/35С является интеграция в рамках одной вычислительной системы функционального программного обеспечения нескольких предприятий разработчиков (ОКБ Сухого, АО «РПКБ», ФАУ «ГосНИИАС», АО «ЦКБА»).

ПО БЦВМ обладает уникальной архитектурой и делится на три уровня:

1. Системное ПО (СПО).
2. Служебное ПО (СлПО).
3. Функциональное ПО (ФПО).

Системное ПО БЦВМ осуществляет контроль аппаратного состояния БЦВМ, регламентирует запуск СлПО и ФПО, а также обеспечивает их доступ к аппаратным возможностям БЦВМ «Багет-53-31М».

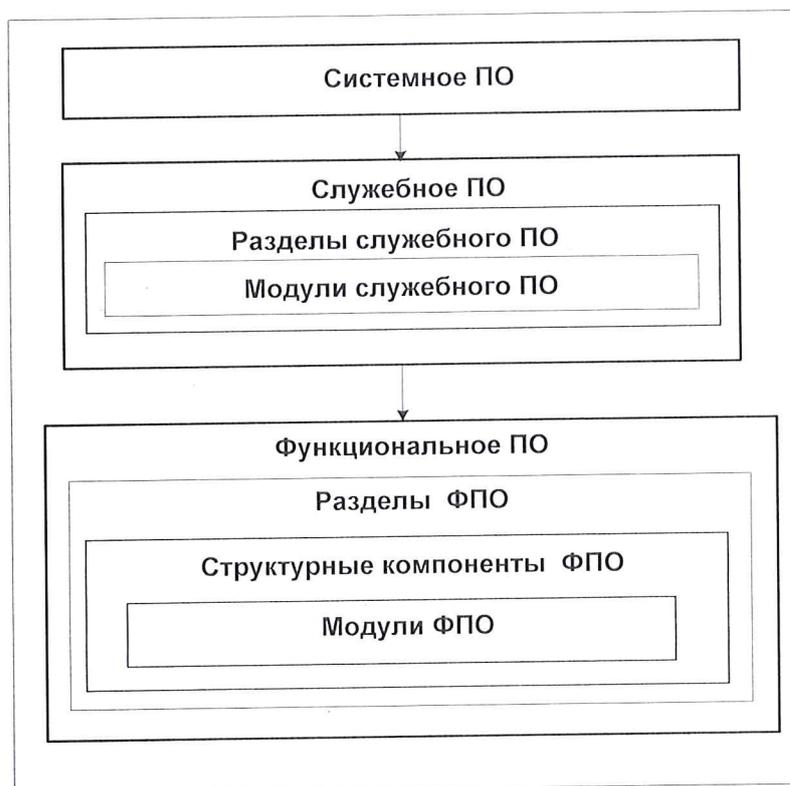


Рисунок 8. Структура ПО БЦВМ

Служебное ПО, разработки ОКБ Сухого, является промежуточным слоем между системным ПО и программами, реализующими функциональные задачи ИУС и является средой, в которой происходит выполнение функционального ПО.

СлПО, загружаемое на различные процессоры БЦВМ, может отличаться как составом, так и функциями, которые оно выполняет в зависимости:

- от состава оборудования, которое входит в аппаратуру процессора;
- от потребностей функционального ПО.

СлПО решает следующие задачи:

- ввод в БЦВМ и вывод из БЦВМ всех данных, потребляемых ФПО по всем типам линий связи (МКИО, РТМ 1495-75, Fibre Channel, аналоговые разовые команды);
- информационную увязку ФПО (управление обменом данными);
- доступ к энергонезависимой памяти БЦВМ;

- контроль функционирования ФПО и контроль синхронной работы двух БЦВМ;
- обеспечение «горячего» резервирования в рамках комплекса двух БЦВМ;
- счисление и доступ к единому времени и другие служебные функции.

Функциональное ПО БЦВМ решает функциональные задачи в интересах ИУС и КБО в целом. ФПО БЦВМ состоит из комплексов программ, каждый из которых взаимодействует с одним или несколькими бортовыми устройствами. Основным элементом структуры ФПО является структурный компонент ПО (СКПО). Программа каждого СКПО содержит следующие компоненты:

- локальный диспетчер СКПО;
- исполнительные модули ФПО;
- модули входного и выходного интерфейса СКПО.

Функциональный алгоритм, для выполнения которого предназначен СКПО, реализуется программными функциями исполнительных модулей (модулей ФПО). Локальный диспетчер выполняет функции как служебного ПО, так и функции ФПО.

Одной из основных целей выбора предлагаемой архитектуры является существенное облегчение процесса интеграции программного комплекса БЦВМ. Основные проблемы при интеграции программного комплекса связаны с интеграцией потоков данных между компонентами программ и бортовыми системами через каналы передачи данных, а также между самими компонентами программ. Для решения этой проблемы в данном случае используется автоматическая генерация исходных кодов программ, выполняющих управление потоками данных в БЦВМ (см. 7.2.8). При этом генерируется весь комплекс таких программ, что гарантирует корректное управление потоками данных в пределах всего программного комплекса БЦВМ. Генерируемые компоненты управления потоками данных входят в состав служебного ПО БЦВМ.

Разделение ФПО на компоненты и их упрощенное назначение и разработчик показано ниже:

3.4.2. ПО МФИ, МФПИ, КАИ

Программное обеспечение МФИ, МФПИ и КАИ, разработки АО «РПКБ» обеспечивает:

- при работе ИУС в основном контуре (работает хоть одна БЦВМ):
 - формирование и отображение индикационных мнемокадров по данным от БЦВМ по МКИО;
 - прием по Fibre Channel от БПКТС и отображение ТВ информации. Совместное отображение ТВ информации и индикационных кадров

- (только МФИ);
- первичная обработка органов управления и выдача данных в БЦВМ по МКИО;
- формирование и выдача в цифровом виде данных на видеорегистрацию по Fibre Channel.
- при работе ИУС в резервном контуре (без БЦВМ):
 - обработка данных, формирование и отображение индикационных мнемокадров по информации от систем по РТМ 1495-75;
 - формирование и выдача в цифровом виде данных на видеорегистрацию по Fibre Channel;
 - ручное управление режимами индикации;
 - первичная обработка органов управления. Функциональная обработка органов с выдачей управляющих параметров в системы по РТМ 1495-75 (только МФИ);
 - полетный контроль систем ОСО и КБО, формирование предупреждающей информации (текстовой и речевой) (только МФИ).

3.4.3. ПО БКС

Программное обеспечение блока БКС, разработки АО «УКБП», реализует функции БКС, указанные в п.3.2

4. ТЕХНОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ ИУС

4.1. Нормативная база разработки ИУС

Принципиальными особенностями процесса разработки ИУС являются:

- новизна и высокая степень технической сложности решаемых задач,
- необходимость обеспечения возможности перманентной модернизации системы в процессе её разработки,
- организация процесса разработки ПО ИУС на основе кооперации предприятий-соисполнителей.

В связи с этим ставятся следующие задачи:

- оптимизация и концентрация производственных ресурсов, в том числе за счет внедрения принципиально новых технологий,
- обеспечение независимости ПО от аппаратной части системы,
- сопряжение программных модулей ПО ИУС, созданных различными исполнителями, в единую систему,
- обеспечение технологического контроля над процессом разработки ПО.

Решение указанных задач осуществляется с использованием современной нормативной базы разработки ПО ИУС, единой для всех участников проекта.

Для разработки ПО ИУС, впервые в отечественной практике, стал применяться ГОСТ Р 51904-2002 «Программное обеспечение встроенных систем. Общие требования к разработке и документированию». Указанный стандарт дополняется ГОСТ Р 0019-001-2006 «Программное обеспечение встроенных систем. Требования к содержанию и оформлению документов», определяющий общие требования к формату выпускаемых документов.

В связи с полной новизной в РФ процесса разработки подобных ИУС систем и бортового ПО по ГОСТ Р 51904-2002 и ГОСТ Р 0019-001-2006, в ПАО «Компания «Сухой» был разработан следующий перечень стандартов предприятия, обеспечивающий нормативное сопровождение процессов разработки ИУС:

- СТП 04.169-2019. Организация проектирования логики работы авиационного комплекса. Порядок разработки, выпуска, внесения изменений и хранения. Требования к оформлению.
- УНД 118-2010. Информационно-управляющая система. Положение о порядке разработки программного обеспечения информационно-управляющих систем в ОКБ Сухого.
- СТП 671-194-2011, СТП 04.141-2016. Порядок разработки спецификации требований к программному обеспечению ИУС,
- СТП 671-197-2010. Исходный код программного обеспечения ИУС. Требования к оформлению.

– СТП 04.102-2015. Порядок управления конфигурацией программной продукции ИУС.

– СТП 04.140-2016. Этикетка на программное обеспечение ИУС. Паспорт сводный на ИУС. Порядок разработки, выпуска, хранения, внесения изменений.

Помимо этого, в соответствии с ГОСТ Р 51904-2002, был разработан следующий комплект проектной нормативной документации - Планов, описывающий необходимые аспекты разработки ИУС и ПО ИУС:

– План разработки программного обеспечения ИУС (Су-35.41.01.СЯИГ.00022.002).

– План управления конфигурацией программного обеспечения ИУС. (Су-35.40.01.СЯИГ.00023.002).

– План квалификационного (функционального) тестирования программного обеспечения (Су-35.40.01.СЯИГ.00021.002).

– План обеспечения качества программного обеспечения ИУС (Су-35.40.01.СЯИГ.00024.001).

4.2. Технология разработки ПО ИУС

4.2.1. Процесс разработки ПО ИУС

Процесс разработки ПО ИУС состоит из последовательной разработки версий. Каждая последующая версия отличается от предыдущей добавлением нового функционала. Введение новых функциональных возможностей предполагает, с одной стороны – повторное выполнение действий на каждой фазе разработки ПО (в части затрагиваемой изменениями), а с другой стороны – выполняется на этапе рабочего проектирования в рамках общего цикла создания ЛА. Таким образом, особенностью применяемого процесса создания ПО является его итеративный характер.

Такая модель жизненного цикла ПО позволяет рассматривать разработку как последовательность запланированных усовершенствований программного продукта. Процесс разработки базовой версии ПО и внесения изменений в версию ПО представляет собой упорядоченную последовательность действий, процедур и операций, отражающих содержание всех фаз разработки ПО.

Критерии начала и окончания каждой фазы определяются в документе «План разработки ПО». Фазы разработки ПО представлены на Рисунок 9.

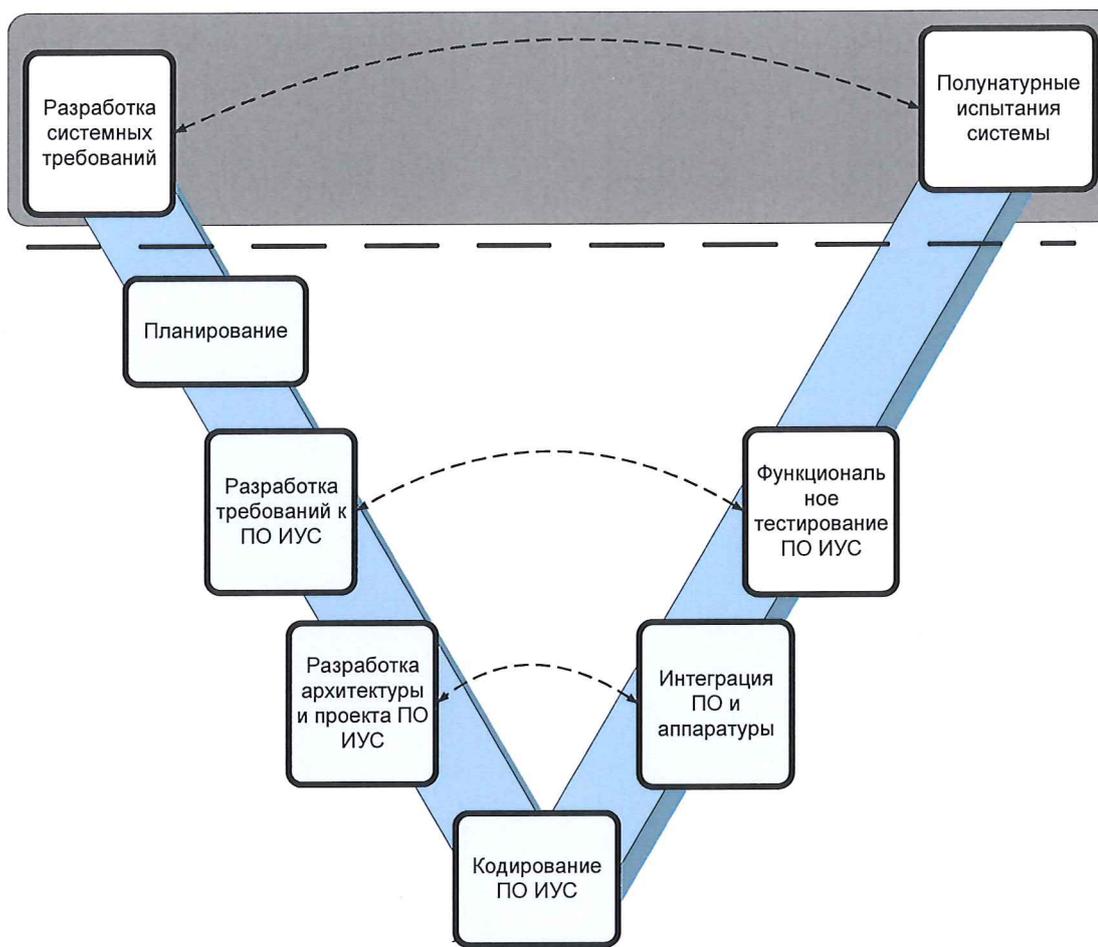


Рисунок 9. Фазы разработки ПО

Параллельно с указанной последовательностью фаз разработки постоянно выполняются интегральные процессы: планирование, управление конфигурацией, обеспечение гарантии качества, верификация.

4.2.2. Эффекты от использования выбранной технологии разработки

Применение выбранной технологии разработки позволяет за счет применения специализированных технологических средств упростить процесс и сократить затраты времени на разработку программ управления потоками данных в бортовых программных комплексах.

Увеличивается надежность программ за счет значительного уменьшения вероятности появления ошибок по сравнению с «ручным» процессом разработки программ управления потоками данных.

Значительно упрощается процесс модификации интерфейсов и гарантируется, что вносимые изменения корректно «попадут» во все программы даже при таких сложных изменениях, как перенос СКПО или группы СКПО из одного процессора комплекса на другой.

Сам процесс модификации интерфейса заключается только в модификации

базы данных протоколов информационного взаимодействия и последующей препроцессорной обработке, в результате чего все изменения попадут по необходимым «адресам» и в соответствующую документацию.

Формализуется процесс разработки программ управления потоками данных, что позволяет упростить процесс управления этими разработками.

Упрощается повторная используемость компонентов программ функционального ПО.

4.3. Стендовая база разработки и проведения испытаний

4.3.1. Общие сведения

В ходе разработки и сопровождения ИУС решается ряд задач, требующих работы с натурными аппаратными средствами ИУС:

1. интеграция компонентов ПО ИУС, в т.ч. компонентов, поступающих от предприятий-создателей;
2. интеграция аппаратуры и ПО, отладка ПО ИУС на целевой платформе;
3. интеграция подсистем ИУС, а также ИУС в целом;
4. функциональное тестирование ИУС;
5. приемосдаточные испытания блоков ИУС и ИУС в целом;
6. межведомственные испытания ИУС;
7. диагностика блоков ИУС, по которым поступили рекламации;
8. диагностика блоков ИУС в составе объекта.

Для решения перечисленных задач были разработаны специализированные аппаратно-программные комплексы – стенды.

4.3.2. Структура стенда

Стендовая база разработки ИУС представляет собой модельный ряд (семейство) стендов, построенных по модульному принципу из унифицированных компонентов:

- АРМ инженера-экспериментатора;
- Рабочее место программиста (РМП) блоков ИУС;
- Сервер стенда;
- Инструментальные машины стенда, оптимизированные для установки большого числа адаптеров бортовых интерфейсов: МКИО, ДПК, Fibre Channel;
- Комплекс аппаратуры имитации общесамолетного оборудования (АИС ОСО), оснащённый адаптерами приёма/передачи аналоговых сигналов и разовых команд;
- Комплекс аппаратуры имитации телевизионных сигналов (АИС ТВ), оснащённый адаптерами для высокоскоростной выдачи и регистрации видеосигналов по оптическим каналам;

– Кабельные сети.

Все используемые в стенде компьютеры имеют архитектуру x86 с выполнением программных функций под управлением ОС Linux с расширениями реального времени.

В состав блоков коммутации входят средства временного разрыва и переключения линий, а также средства подключения контрольно-проверочной аппаратуры.

В состав технологических сетей стенда входят:

– кабельная сеть линий RS-232, предназначенная для программирования блоков ИУС и основанная на коммутаторе линий RS-232 и Ethernet (далее – сервер RS-232);

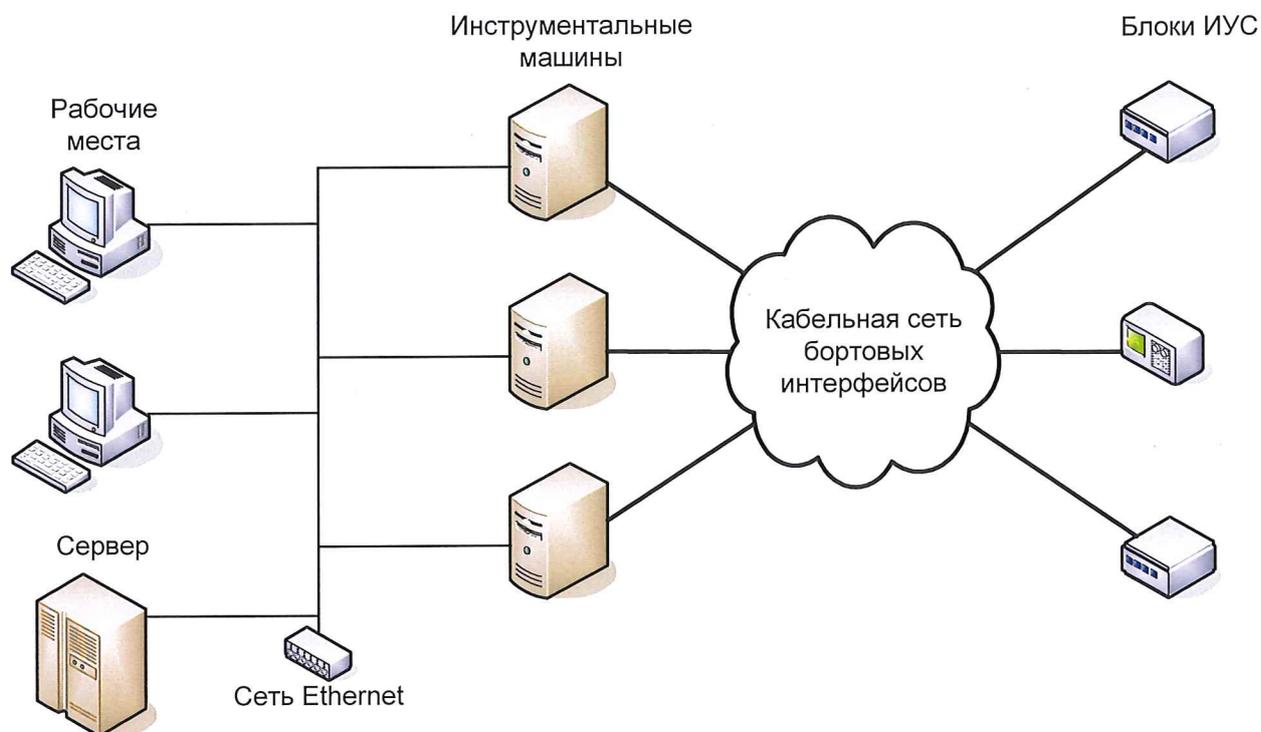


Рисунок 10. Общая схема стенда поддержки разработки ИУС

- кабельная сеть Gigabit Ethernet;
- кабельная сеть синхронизации времени, предназначенная для передачи сигналов точного времени между этими машинами;
- кабельная сеть питания блоков ИУС, включающая индивидуальные выключатели питания отдельных блоков;
- кабельная сеть питания инструментальных машин и других компьютеров в составе стендового оборудования.

4.3.3. Состав прикладных программных средств стенда

Прикладное программное обеспечение стенда представляет собой

интегрированную среду разработки с графическим интерфейсом, состоящую из набора программных средств.

4.3.3.1. Программное средство разработки и отладки тестовых сценариев (ТСК) обеспечивает:

– создание и редактирование исходных текстов тестов ИУС (в т.ч. описаний сценариев тестирования; структуры тестовых данных и порядка их формирования; порядка проверки данных, принятых от блоков ИУС);

– поддержку функций редактирования, ориентированных на язык описания тестов (ЯОТ): подсветка синтаксиса ЯОТ, автоматическое дополнение ключевых слов ЯОТ, доступ к оперативной справочной документации по ЯОТ;

– проверку синтаксической правильности исходных текстов тестов;

– задание структуры сообщений, которыми обмениваются между собой ТСК в ходе тестирования.

– задание информационных связей ТСК с комплексами АИС и имитаторами самолетных органов управления;

– выбор для каждого ТСК, на какой инструментальной машине он будет выполняться;

– задание для каждого ТСК адаптеров бортовых интерфейсов, через которые будет осуществляться взаимодействие с блоками ИУС;

– сборку по заданному комплекту исходных текстов исполняемого файла для конкретной конфигурации тестирования.

4.3.3.2. Программное средство регистрации и хранения тестовых сценариев и результатов экспериментов обеспечивает:

– фиксацию результатов тестирования в форме: трассы событий эксперимента, протоколов тестирования.

– отображение результатов эксперимента в виде: протоколов тестирования, временной диаграммы событий эксперимента, графиков изменения параметров моделей и тестов, протокола регистрации обмена по КБИ.

– формирование отчетов по результатам тестирования, в т.ч. матрицы покрытия требований.

– контроль версий тестовых сценариев, настроек конфигурации стенда, протоколов тестирования;

– архивацию тестовых проектов, результатов экспериментов;

– поддержку базы пользователей стенда, а также централизованную аутентификацию пользователей;

– доступ программных средств стенда по локальной сети к репозиторию стенда.

4.3.3.3. Программное средство управления стендовой имитационной аппаратурой и выполнением эксперимента обеспечивает:

- задание детальности регистрации событий тестирования;
- выполнение тестирования в режиме реального времени, в том числе распределённо на нескольких инструментальных машинах;
- информационный обмен между инструментальными машинами;
- синхронизацию времени между инструментальными машинами;
- выдачу данных в блоки ИУС по КБИ;
- приём данных от блоков ИУС по КБИ и обеспечение доступа тестов к этим данным;
- доступ тестов к результатам регистрации обмена по КБИ;
- информационный обмен с комплексами АИС и управление функционированием этих комплексов;
- проверку условий успешного и неуспешного завершения тестов;
- оперативное отображение: данных числовой форме и в форме графиков, протоколов тестирования, диагностических сообщений о ходе инициализации и выполнения эксперимента;
- интерактивное выполнение тестирования;
- управление порядком выполнения тестов;
- интеграцию с имитаторами самолетных органов управления для ввода тестовых данных;
- запись оперативных воздействий пользователя и последующее воспроизведение этих воздействий в автоматическом режиме.

4.3.3.4. Программное средство рабочего места программиста блоков ИУС обеспечивает:

- сборку исполняемого объектного образа ПО блока ИУС;
- загрузку образа ПО в блок ИУС;
- удалённую трассировку и пошаговую отладку ПО в блоке ИУС;
- мониторинг ресурсов блока (включая процессорного времени), событий операционной системы и переменных ФПО.

4.3.3.5. Программное средство комплексов АИС обеспечивает:

- обмен данными с блоками ИУС по КБИ, для работы с которыми предназначен конкретный комплекс АИС, а также регистрацию обмена между блоками ИУС по этим каналам;
- работу комплекса АИС под управлением инструментальных машин стенда;
- информационное сопряжение комплекса АИС с инструментальными машинами стенда;

4.3.3.6. Программное средство мониторинга информационного обмена по КБИ обеспечивает:

- мониторинг (наблюдение и регистрацию) обмена по КБИ;

- оперативное отображение и анализ результатов мониторинга;
- запись трассы обмена для последующего её анализа;
- отдельные функции передачи данных в канал и управления обменом.

4.3.4. Стенд комплексирования и приёмосдаточных испытаний ИУС

Данный стенд предназначен для выполнения комплексирования ИУС, а также квалификационного тестирования и приёмо-сдаточных испытаний ИУС. На данном стенде, помимо названного, проверяются требования к производительности и корректность функционирования ИУС в целом (ИУС тестируется как черный ящик). Стенд обеспечивает поддержку выдачи данных на все внешние входы ИУС, а также прием данных со всех внешних выходов ИУС. Кроме того, обеспечивается мониторинг внутренних связей ИУС.

В состав стенда входит 5 АРМ инженера-экспериментатора и 1 АРМ-сервер, а также полнофункциональные многомашинные комплексы АИС ОСО и АИС ТВ (аппаратура имитации аналоговых сигналов общесамолетного оборудования и аппаратура имитации видео сигналов). В состав стенда комплексирования и приёмосдаточных испытаний ИУС также входят имитаторы самолётных органов управления.

Оборудование стенда и блоки ИУС размещены в нескольких шкафах, машины АРМ инженера-экспериментатора размещены на столах.

Программные средства РМП на данном стенде используются для сборки и загрузки ПО на блоки ИУС.

Средства мониторинга используются для анализа «пограничных» проблемных ситуаций, в которых неизвестно, обусловлен неуспешный исход тестирования проблемами в ИУС или в тестах. Также средства мониторинга используются для анализа проблем обмена между блоками ИУС.

4.3.5. Аппаратно-программный комплекс автономной отработки программного обеспечения ИУС

Данный стенд предназначен для работы с отдельным наиболее функционально сложным блоком ИУС – БЦВМ.

Для отладки ПО БЦВМ используются программные средства РМП, средства мониторинга каналов и средства тестирования ИУС.

Тестирование ПО БЦВМ выполняется с использованием двух типов тестов:

- тестов, разработанных в интегрированной среде разработки стенда и осуществляющих проверку ФПО БЦВМ методом “черного ящика” с имитацией входных для БЦВМ сигналов в каналах бортовых интерфейсов;
- тестов, разработанных с помощью средства автономного тестирования

ПО и осуществляющих проверку отдельных структурных компонентов ПО БЦВМ путем перехвата входных и выходных сигналов данного компонента ПО.

В состав стенда входит 3 инструментальных машины с адаптерами бортовых интерфейсов.

Аппаратура имитации разовых команд выполнена в одномашинном варианте. Вся аппаратура стенда и блок БЦВМ размещены в одном шкафу.

4.4. Технология проведения испытаний ИУС

Принимая во внимание сложность реализованных в ИУС задач и важность их правильного функционирования, в рамках технологии создания ИУС была разработана и внедрена многоуровневая система испытаний.

В зависимости от объема проведенных испытаний, ИУС может официально иметь один из трех статусов:

- годен к наземным испытаниям;
- годен к летным испытаниям;
- годен к эксплуатации.

Обязательными условиями получения данных статусов являются:

- для годности к наземным испытаниям:
 - проведение тестирования составных частей ПО на стендах предприятий кооперации с использованием реальных блоков из состава ИУС.
 - проведение интеграционного тестирования ПО на стенде ИУС с использованием полного комплекта ИУС и стендовой аппаратуры, обеспечивающей подыгрыш всех внешних систем. Проверка проводится на соответствие спецификаций требований к ПО с использованием воспроизводимых тестов. Процесс и результат тестирования контролируется 207 ВП МО РФ.
 - проверка функционирования ИУС в составе КБО на стенде полунатурного моделирования (ПНМ) КБО объекта Су-35/Су-35С с использованием реальной бортовой аппаратуры, включая ИУС. Проверка проводится разработчиками логик на их соответствие по специальным методикам. Процесс и результат проверок контролируется 207 ВП МО РФ.
- для годности к летным испытаниям:
 - проведение испытаний в объеме годности к наземным испытаниям.
 - проверка функционирования ИУС в составе объекта при наземных испытаниях. Проверка проводится летной службой на соответствие эксплуатационной документации и разработчиками логик на корректность функционирования.

- для годности к эксплуатации:
 - наличие статуса годности к летным испытаниям.
 - проведение совместно с в/ч 15650 совместных стендовых испытаний на стендах ПАО «Компания «Сухой» (ИУС и ПНМ). В рамках испытаний оценивается соответствие ИУС требованиям ТЗ по специальным методикам. Результат испытаний контролируется 207 ВП МО РФ.
 - проведение в составе самолета совместных с в/ч 15650 летных испытаний. В рамках испытаний оценивается корректность функционирования ИУС в рамках решения задач самолетом.

5. ОРГАНИЗАЦИЯ СЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА ИУС-35/35С

На этапе межведомственных испытаний ИУС для обеспечения своевременного выполнения Гособоронзаказа и контрактов с инозаказчиками по линии ВТС на поставку самолетов Су-35С и Су-35 были развернуты работы по организации серийного производства ИУС.

В ходе работ по организации серийного производства информационно-управляющей системы самолетов Су-35 и Су-35С были определены и внедрены следующие организационные и технические решения:

1. Разработан, внедрен и отлажен бизнес-процесс серийного производства ИУС на базе ОКБ Сухого.
2. В ОКБ Сухого подготовлена производственная площадка для выполнения работ по серийному производству ИУС, гарантийному и послегарантийному обслуживанию.
3. Созданная производственная площадка ОКБ Сухого была оснащена необходимыми для производства ИУС инструментальными средствами. В рамках этих работ создан, введен в эксплуатацию и аттестован стенд серийного выпуска ИУС. Стенд обеспечивает проведение приемо-сдаточных испытаний серийных комплектов ИУС, а так же проведения первичной диагностики составных частей ИУС, по которым поступили рекламации. Программная среда стенда обеспечивает управление стендовой аппаратурой, а так же позволяет разрабатывать тестовые программы для проведения проверки ИУС.
4. Разработаны наборы тестовых задач, обеспечивающие проведение автоматизированной проверки функционирования ИУС, как в целом, так и её составных частей. Это позволило организовать высокий уровень автоматизации проведения испытаний ИУС, что позволило минимизировать «человеческий фактор» при проведении проверок

системы и обеспечить высокий уровень качества изготавливаемой продукции.

5. Проведен анализ действующей на предприятии нормативной базы, и, совместно со службой качества, проведены работы по актуализации нормативной базы предприятия применительно к процессу серийного изготовления ИУС.

В связи с необходимостью развития новой для ОКБ Сухого компетенции по серийному изготовлению такой сложной системы КБО как ИУС потребовалось перестроить взаимодействие служб внутри предприятия, а также создать специализированное подразделение для выполнения работ по производству и рекламационной работе. Сложность выполнения поставленной задачи была обусловлена тем, что до принятия решения о взятии на себя ответственности за разработку и серийное производство ИУС ОКБ Сухого не занималось подобными задачами, концентрируясь на конструировании летательных аппаратов, и не имело опыта серийного производства систем КБО.

При подготовке к серийному производству ИУС значительное внимание уделялось унификации технологических средств, а так же подходов к проведению испытаний, используемых при разработке и серийном производстве ИУС.

При активном участии руководства «ОКБ Сухого» были развернуты работы по выстраиванию взаимодействия служб предприятия, участвующих в процессе серийного производства ИУС, взаимодействию с АО «КРЭТ» и «КнААЗ им. Ю.А. Гагарина».

Для этого разработаны организационная схема выполнения работ по производству ИУС и технология производства ИУС, а также разработан и выпущен комплект документов для постановки ИУС на серийное производство, сформированы основные требования к технологическим средствам, необходимым для серийного производства ИУС.

Следующим важным шагом на пути к освоению серийного производства ИУС стало создание производственной площадки и её оснащение необходимым для производства ИУС оборудованием. В ходе этих работ была выбрана площадка для размещения производства ИУС, организованы работы по реконструкции помещений и выполнены работы по созданию и вводу в эксплуатацию стенда серийного выпуска ИУС.

Одновременно с созданием производственной площадки были проведены работы по подготовке к проведению приемо-сдаточных испытаний ИУС, определен необходимый объем проверок для обеспечения требуемого качества выпускаемых изделий и разработан комплект шаблонов документов, оформляемых в ходе проведения приемо-сдаточных испытаний, а также

программы обеспечения качества и повышения надежности ИУС.

Завершающим шагом в процессе организации серийного производства ИУС являлись освоение производства ИУС, проведение квалификационных испытаний ИУС и организация взаимодействия между подразделением ОКБ Сухого, ответственного за производство ИУС, со службами КнААЗ, отвечающими за установку ИУС на самолет, и сопровождение самолета в эксплуатации.

Так было положено начало серийному производству ИУС на базе ОКБ Сухого.

После завершения работ по постановке на серийное производство ИУС на базе ОКБ Сухого организована гарантийная и послегарантийная поддержка изготовленных ИУС, а работа с рекламациями. При этом для рекламационной работы с поставщиками составных частей ИУС были разработаны и согласованы документы, определяющие порядок выполнения проверок неисправных составных частей ИУС, что позволило существенно сократить общий срок закрытия рекламации.

6. СВЕДЕНИЯ О ПОСТАВКАХ И КАЧЕСТВЕ ПРОИЗВЕДЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

За период с 2010 по 2022 год ПАО «Компания «Сухой» было изготовлено более 200 комплектов ИУС для самолетов Су-35 и Су-35С.

Значение показателя средней наработки на отказ ИУС в полете ($T_{оп}$) по итогам эксплуатации самолетов Су-35 и Су-35С в 2022 году соответствует требованиям, заданным ТЗ на разработку ИУС.

7. ВНЕДРЕННЫЕ ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И РЕШЕНИЯ, ПРИМЕНЕННЫЕ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ СЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ САМОЛЕТОВ СУ-35 И СУ-35С

При организации серийного производства и развертывании производственной площадки ПАО «Компания «Сухой» применены самые передовые технологические решения и инновации, что подтверждается следующими результатами интеллектуальной деятельности:

1. Патент на изобретение №263546 «Стенд комплексирования информационно-управляющих систем многофункциональных летательных аппаратов»;

и свидетельствами о регистрации программы для ЭВМ:

1. №2010618041 «Программное средство регистрации и хранения

- тестовых сценариев и результатов экспериментов»;
2. №2010618042 «Программное средство разработки и отладки тестовых сценариев»;
 3. №2010618043 «Программное средство управления стендовой имитационной аппаратурой и выполнением эксперимента»;
 4. №2013661900 «Программное средство «Клиент БД ПИВ»;
 5. №2014660025 «Система автоматизированного проектирования наборов индикационных данных»;

Высокая технологичность и инновационность выпускаемой продукции подтверждается используемыми в ИУС следующими результатами интеллектуальной деятельности:

Патенты:

1. №2392586 «Информационно-управляющая система летательного аппарата»;
2. №2476920 «Информационно-управляющая система многофункционального летательного аппарата»;
3. №2414390 «Бортовая цифровая вычислительно-управляющая система ЛА»;
4. №2178375 «Авиационный многофункциональный индикатор»;
5. №2181093 «Авиационный многофункциональный индикатор»;
6. №2408938 «Система управления и индикации летательного аппарата»;
7. №2431204 «Коллиматорный авиационный индикатор»;
8. №2358303 «Индикатор коллиматорный широкоугольный»

Свидетельства о регистрации программы для ЭВМ:

1. №2012661119 «Функциональное программное обеспечение информационно-управляющей системы объекта Су-35С»;
2. №2002610113 «Программа тестирования ряда ЭВМ «Багет-53» (ТПО Багет-53)»;
3. №2000611326 «Комплекс программно-математического обеспечения авиационного многофункционального цветного индикатора (ПМО МФИ)»;
4. №2000611326 «Комплекс программно-математического обеспечения авиационного многофункционального цветного индикатора»;
5. №2010616216 «Программное средство загрузки версий программного обеспечения информационно-управляющей системы»;
6. №2010616217 «Программное средство автоматизированной разработки программного обеспечения управления вводом/выводом для бортовой цифровой вычислительной машины»;
7. №2010616241 «Программное средство автоматизированной

- распаковки/упаковки информационных наборов для многофункциональных индикаторов»;
8. №2010616242 «Программное средство генерации циклограмм мультиплексного канала информационного обмена»;
 9. №2010616243 «Программное средство загрузки версий программного обеспечения информационно-управляющей системы»;
 10. №2010616244 «Программное средство автоматизированной разработки программного обеспечения управления вводом/выводом для многофункциональных индикаторов»;
 11. №2010618039 «Программное средство анализа загрузки линий мультиплексного канала информационного обмена».

8. СВЕДЕНИЯ ОБ ЭКОНОМИЧЕСКОМ И СОЦИАЛЬНОМ ЭФФЕКТЕ

Экономическая эффективность проекта ИУС-35/35С

Экономические показатели эффективности представлены в таблице 2.

Таблица 2. Экономические показатели проекта ИУС-35/35С

| | |
|---|---------|
| Ставка дисконтирования, принятая в расчёт (i) | 20% |
| Чистый доход (NV), млн.руб. | 1 151,0 |
| Чистый приведённый доход (NPV), млн.руб. | 7,1 |
| Внутренняя норма доходности (IRR) | 22% |
| Индекс доходности инвестиций (PI): | |
| простой | 1,921 |
| с дисконтом | 1,002 |
| Рентабельность проекта | 12,0% |
| Рентабельность продаж | 15,0% |
| Срок окупаемости: | |
| простой | 2023 г. |
| с дисконтом | 2026 г. |

Расчет социального эффекта от внедрения в производство ИУС

Производство образцов ИУС-35/35С осуществляется с 2010 года в целях оснащения серийных самолетов.

Общая себестоимость выпущенных образцов ИУС-35/35С, подлежащая

возмещению в цене серийных самолетов, составила 6,928 млрд. руб.

Производство образцов ИУС-35/35С размещено у головного изготовителя ПАО «ОАК» «ОКБ Сухого». Изготовление составных частей аппаратуры ИУС осуществляется на предприятиях производственной кооперации: АО «РПКБ» г. Раменское Московской обл., АО УКБП» г. Ульяновск и АО «ЭЛКУС» г. С.-Петербург с предприятиями-поставщиками комплектующих изделий высокой степени интеграции.

Социальный эффект от внедрения ИУС-35 в производство у головного изготовителя и на предприятиях производственной кооперации состоит в следующем:

- созданы и поддерживаются в период 2010-2022 годов рабочие места для работников, занятых производством ИУС-35 и его составных частей,
- отчисления предприятий-изготовителей ИУС-35 и его составных частей в период 2010-2022 годов в фонды социального страхования.

Расчет количества рабочих мест, созданных и поддерживаемых за счет производства ИУС-35 и его составных частей.

Количество рабочих мест рассчитывается путем деления годового фонда заработной платы, выплаченной при производстве ИУС-35 на годовую заработную плату одного работника в расчетном году. Расчет представлен в Таблице 3.

Расчет отчислений в период 2010-2022 годов в фонды социального страхования.

Расчет производится от выплаченного фонда оплаты труда средним нормативом 28% (с учетом планового снижения отчислений согласно действующему законодательству). Расчет представлен в таблице 4.

Таблица 3. Расчет количества рабочих мест созданных за счет производства ИУС и его с/ч

| Показатель | 2010г. | 2011г. | 2012г. | 2013г. | 2014г. | 2015г. | 2016г. | 2017г. | 2018г. | 2019г. | 2020г. | 2021г. | 2022г. |
|--|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|----------|----------|
| ФОТ, выплаченный работникам головного исполнителя, т.р. | 1030.86 | 1086.13 | 3306.49 | 5759.87 | 7591.56 | 7105.09 | 12374.15 | 4395.34 | 5742.2 | 42158.14 | 24185.46 | 9803.48 | 2609.42 |
| ФОТ, выплаченный работникам предприятий кооперации и предприятий-поставщиков, т.р. | 14318.08 | 14318.08 | 45000.06 | 94107.81 | 104063.29 | 109155.40 | 163657.59 | 37039.73 | 47138.37 | 126752.77 | 175166.25 | 12019.99 | 50854.04 |
| Выплаченный ФОТ всего, т.р. | 15348.94 | 15504.21 | 48306.55 | 99867.68 | 111654.85 | 116260.49 | 176031.74 | 41435.07 | 52880.57 | 168910.91 | 199351.71 | 21823.47 | 53463.46 |
| Среднемесячный ФОТ работника (у головного изготовителя), т.р. | 35 | 40.7 | 47.8 | 53.4 | 60.5 | 62.0 | 67.9 | 80.3 | 110 | 97.6 | 130.7 | 138.4 | 154.48 |
| Годовой ФОТ работника (у головного изготовителя), т.р. | 420 | 488.4 | 573.6 | 640.8 | 726 | 744 | 814.8 | 963.6 | 1320 | 1172.2 | 1568.4 | 1660.8 | 1853.76 |
| Количество рабочих мест, ед. | 37 | 32 | 84 | 156 | 154 | 156 | 216 | 43 | 40 | 144 | 127 | 13 | 29 |

Таблица 4. Расчет отчислений в фонды социального страхования.

| Показатель | 2010г. | 2011г. | 2012г. | 2013г. | 2014г. | 2015г. | 2016г. | 2017г. | 2018г. | 2019г. | 2020г. | 2021г. | 2022г. |
|--|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|----------|----------|
| Выплаченный ФОТ всего, т.р. | 15348.94 | 15504.21 | 48306.55 | 99867.68 | 111654.85 | 116260.49 | 176031.74 | 41435.07 | 52880.57 | 168910.91 | 199351.71 | 21823.47 | 53463.46 |
| Отчисления в фонды социального страхования, т.р. | 4297.70 | 4341.18 | 13525.83 | 27962.95 | 31263.36 | 32552.94 | 49288.89 | 11601.8 | 1480.8 | 47295.05 | 55818.48 | 6110.57 | 14969.77 |

9. СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

| № | Фамилии, имена и отчества авторов, дата рождения, должности по основному месту работы, домашний адрес, телефон |
|----|---|
| 1. | Руководитель работы: Стрелец Михаил Юрьевич, Первый заместитель управляющего директора – директор ОКБ Сухого, ПАО «ОАК» «ОКБ Сухого» |
| 2. | Баранов Александр Сергеевич, Первый заместитель главного конструктора ИУС – Начальник НТЦ ИУС, ПАО «ОАК» «ОКБ Сухого» |
| 3. | Грибов Дмитрий Игоревич, Главный конструктор ИУС, ПАО «ОАК» «ОКБ Сухого» |
| 4. | Демин Игорь Михайлович, Заместитель генерального директора по НИОКР бортового оборудования - Генеральный конструктор, АО «КРЭТ» |
| 5. | Зайцев Александр Васильевич, Заместитель генерального директора - Руководитель научного комплекса, ФАУ «ГосНИИ АС» |
| 6. | Истомин Владимир Георгиевич, Заместитель главного конструктора ИУС по технологии и интегральным процессам, ПАО «ОАК» «ОКБ Сухого» |
| 7. | Максаков Константин Павлович, Заместитель главного конструктора, ПАО «ОАК» «ОКБ Сухого» |
| 8. | Щербаков Андрей Владимирович, Заместитель главного конструктора ИУС – Начальник управления проектов ИУС, ПАО «ОАК» «ОКБ Сухого» |