

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт математики, физики и информационных технологий
(наименование института полностью)

Кафедра «Прикладная математика и информатика»

(наименование)

09.03.03 «Прикладная информатика»
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Бизнес-информатика
(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Автоматизированная система контроля качества пилотажно-навигационного оборудования

Студент С.В. Ковригин (И.О. Фамилия) _____ (личная подпись)

Руководитель к.п.н., доцент, О.Ю. Копша
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2021

Аннотация

Тема: Автоматизированная система контроля качества пилотажно-навигационного оборудования.

Ключевые слова: автоматизированная система, пилотажно-навигационный комплекс, управление качеством, входной контроль, корректирующие действия.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка проекта автоматизированной системы по контролю качества пилотажно-навигационного оборудования для повышения эффективности производства самолетов.

Предметом исследования является автоматизация процессов сбора, и анализа информации по контролю и испытаниям элементов пилотажно-навигационных комплексов.

Объектом исследования является технологический процесс изготовления, монтажа и испытаний пилотажно-навигационного оборудования летательных аппаратов.

В работе проведен анализ существующих процессов, связанных с пилотажно-навигационным оборудованием в ходе производства самолетов, выполнено концептуальное моделирование в ходе которого разработаны процессные и объектные модели, разработана логическая модель базы данных. Выполнено проектирование элементов пользовательского интерфейса автоматизированной системы, рассчитан экономический эффект.

Выпускная квалификационная работа состоит из 47 страниц, 10 рисунков, 3 таблиц, 22 источников и 2 приложений.

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ объекта исследования	7
1.1 Состав и функции пилотажно-навигационного комплекса.....	7
1.2 Порядок проведения испытаний пилотажно-навигационного комплекса.....	10
1.3 Процессы контроля и диагностики элементов пилотажно- навигационного комплекса при производстве самолетов	12
1.4 Направления повышения эффективности бизнес-процессов контроля качества пилотажно-навигационного комплекса	20
2 Проектирование автоматизированной системы контроля качества пилотажно-навигационного оборудования	22
2.1 Выбор технологии реализации проекта автоматизированной системы	22
2.2 Концептуальное моделирование проекта.....	23
2.2.1 Объектно-ориентированное моделирование автоматизированной системы.....	24
2.2.2 Модель данных автоматизированной системы	26
2.3 Контрольный пример реализации проекта.....	28
3 Оценка экономической эффективности проекта.....	37
3.1 Выбор и обоснование методики расчета экономической эффективности проекта	37
3.2 Расчет фактических затрат на реализацию проекта.....	38
3.3 Расчет ожидаемого экономического эффекта от использования результатов проекта.....	40
Заключение	43
Список используемой литературы и используемых источников	45
Приложение А Модель «AS-IS».....	48
Приложение Б Модель «TO-BE».....	51

Введение

В настоящее время происходит непрерывный процесс совершенствования авиационного оборудования в соответствии с постоянно усложняющимися задачами, решаемыми современными авиационными пилотажно-навигационными комплексами.

С развитием авиации, ростом числа и сложности задач существенно повысились требования к информационному обеспечению полёта. Эксплуатационные характеристики современного самолёта определяются не только техническим уровнем его планера и двигательной установки, но и в большой степени совершенством бортового оборудования.

Испытание и контроль пилотажно-навигационных комплексов представляет собой комплексную задачу, начиная от контроля отдельных датчиков до лётных испытаний. Обеспечение задач контроля качества на каждом этапе является актуальным и востребованным направлением работ.

Разработка автоматизированной системы контроля качества пилотажно-навигационного оборудования является актуальной, поскольку связана с повышением эффективности и снижением трудоемкости работ, связанных с управлением качеством при производстве летательных аппаратов.

Предметом исследования является автоматизация процессов сбора, и анализа информации по контролю и испытаниям элементов пилотажно-навигационных комплексов.

Объектом исследования является технологический процесс изготовления, монтажа и испытаний пилотажно-навигационного оборудования летательных аппаратов.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка проекта автоматизированной системы по контролю качества пилотажно-навигационного оборудования для повышения эффективности производства самолетов.

К задачам работы относятся:

- Выполнить анализ состава и порядка контроля качества пилотажно-навигационного оборудования в ходе изготовления самолета.
- Разработать предложения по совершенствованию контроля качества пилотажно-навигационного оборудования.
- Выполнить концептуальное моделирование автоматизированной системы контроля качества с разработкой функциональных и объектных моделей.
- Провести логическое моделирование базы данных автоматизированной системы.
- Спроектировать элементы пользовательского интерфейса.
- Рассчитать экономический эффект.

В работе использованы теоретические методы исследования, методы сравнительного анализа, методы моделирование информационных систем и баз данных.

Теоретическая значимость работы заключается в обосновании структурных компонентов модели контроля качества пилотажно-навигационного оборудования.

Практическая значимость состоит в том, что разработан проект автоматизированной системы контроля качества пилотажно-навигационного оборудования.

Бакалаврская работа состоит из введения, трех разделов, заключения списка использованных источников и приложений.

В первом разделе описаны состав, функции и порядок контроля качества пилотажно-навигационного оборудования, разработана процессная модель проведения испытаний и контроля «AS-IS», определены направления усовершенствования бизнес-процессов контроля качества, разработана модель процессов контроля и испытаний «TO-BE»

Во втором разделе проведено концептуальное проектирование автоматизированной системы контроля качества пилотажно-навигационного

оборудования. В ходе которого разработана объектно-ориентированная модель, логическая модель базы данных и выполнено проектирование пользовательского интерфейса для инженера-контролера и для инженера по качеству.

В третьем разделе проведена оценка экономической эффективности проекта – выполнен выбор и обоснование методики расчета экономической эффективности проекта, рассчитаны фактические затраты на реализацию проекта, рассчитана экономия от использования автоматизированной системы и расходы на владение автоматизированной системой.

По результатам расчетов проект экономически эффективен. Срок окупаемости составляет 1 год.

В заключении сделаны выводы по проекту автоматизированной системы контроля качества пилотажно-навигационного оборудования и определены перспективы его внедрения.

1 Анализ объекта исследования

1.1 Состав и функции пилотажно-навигационного комплекса

Оборудование современных магистральных самолетов сложными пилотажными комплексами преследует две главные цели — повышение уровня безопасности и регулярности полетов в ожидаемых условиях эксплуатации.

Пилотажно-навигационный комплекс обеспечивает пилотирование и навигацию самолета и обеспечивает следующие функции:

- повышение устойчивости движения и улучшение характеристик управляемости;
- управление и стабилизация угловых положений относительно центра масс;
- автоматическая балансировка (триммирование);
- управление и стабилизация самолета в горизонтальной и вертикальной плоскостях на заданной линии пути с автоматическим управлением тягой двигателей, включая стабилизацию заданных значений углов крена, тангажа, курса, заданной барометрической высоты полета, заданного числа M или приборной скорости с помощью управления рулем высоты или тягой двигателей, а также на заданной траектории;
- автоматическое снижение или набор высоты;
- автоматический переход с одного режима на другой.

Пилотажно-навигационный комплекс представляет собой комплекс взаимосвязанных автоматических контуров управления, состоящих из средств измерения параметров режимов полета и положения самолета, корректирующих и вычислительных устройств, преобразователей, усилителей мощности, линий связи, приводов, пультов управления, систем встроенного и внешнего контроля, индикации и сигнализации.

При выполнении многочисленных функций Пилотажно-навигационный комплекс должен обеспечивать необходимый уровень безопасности, при выполнении возложенных функций во всем диапазоне ожидаемых условий эксплуатации. К основным характеристикам относятся качество и точность управления, надежность и отказобезопасность, эргономические характеристики. Наличие полной нормативно-технической документации и правильное ее использование имеют важное значение для обеспечения безопасности.

Показателями качества управления являются количественные величины параметров режимов полета и положения самолета в неустановившемся полете. [11]

Показателями точности управления являются количественные статистические величины, определяющие возможный разброс параметров режимов полета и положения самолета, обусловленный случайными и систематическими ошибками и действием возмущающих факторов.

Показателями надежности являются вероятностные количественные величины, определяющие исправную работу, которая обеспечивается собственно надежностью элементов, блоков, комплексов, систем, их резервированием, а также полнотой встроенного, предполетного и регламентного, контроля.

Показателем отказобезопасности, тесно связанным с показателем надежности, является вероятность невыхода параметров режимов полета и положения самолета за эксплуатационные ограничения, которая обуславливается последствиями отказов с соответствующими вероятностями их возникновения.

Эргономические характеристики в узком смысле согласования человека и машины базируются на данных инженерного психологического анализа. Их показатели — латентное время восприятия, время принятия решения, точность и время считывания и др.

Эргономические характеристики в системотехническом аспекте это обобщенные характеристики деятельности экипажа в системе, рабочая нагрузка, физиологическое состояние.

Соответствующий уровень безопасности должен быть обеспечен при соответствующем уровне экономической эффективности, которая в свою очередь характеризуется стоимостью, эксплуатационными затратами и т. п.

Экономическая эффективность и безопасность требуют компромисса, например, резервирование требует увеличения стоимости, веса, а значит снижения коммерческой нагрузки и т. д.

Пример структуры пилотажно-навигационного комплекса показан на рисунке 1.

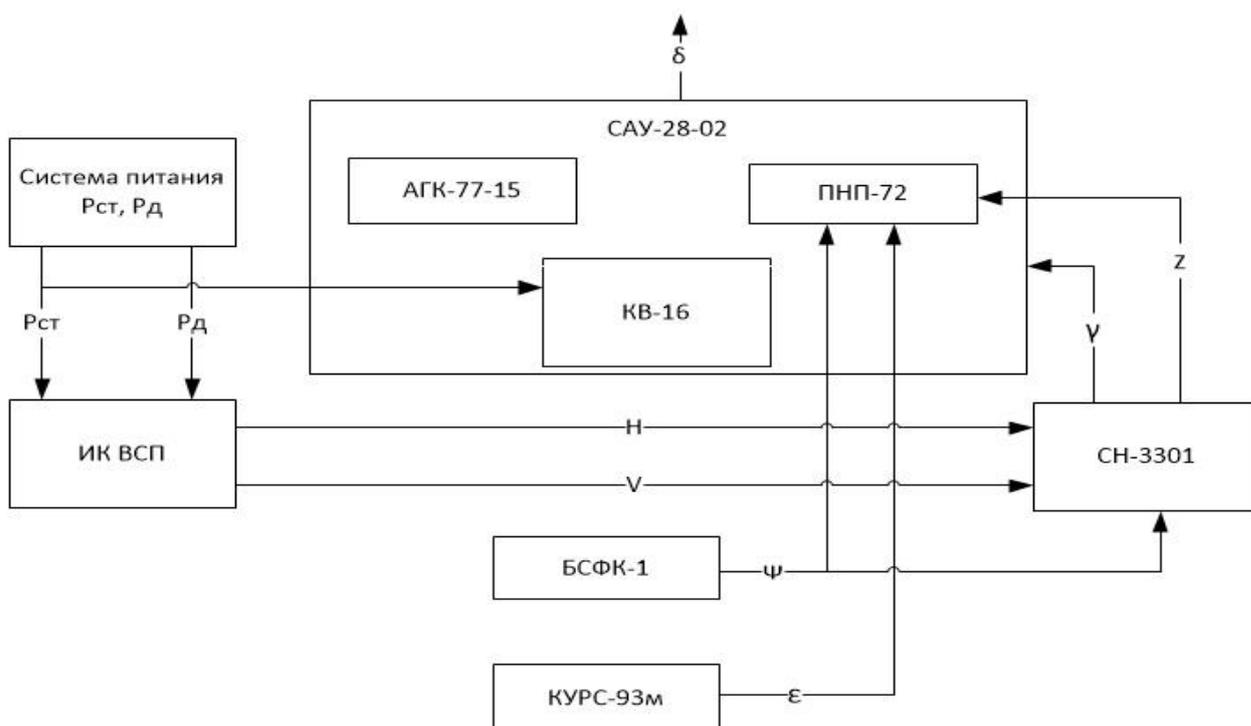


Рисунок 1 – Пример структуры пилотажно-навигационного комплекса [6]

«В состав пилотажно-навигационного комплекса входят системы:

- Система автоматического управления САУ-28-02;
- Корректор высоты КВ-16-1;

- Автогоризонт АГК-77-15;
- Базовая система формирования курса БСФК;
- Система спутниковой навигации СН-3301;
- Система питания полным и статическим давлением;
- Курсо-посадочная система КУРС-93м;
- Измерительный комплекс высотно-скоростных параметров ИК ВСП;
- Система питания динамическим и статическим давлением.

Базовая система формирования курса БСФК предназначена для формирования и выдачи потребителям текущего (приведенного) курса и гироманнитного курса объекта.

Измерительный комплекс высотно-скоростных параметров ИК ВСП предназначен для формирования и выдачи потребителям информации о высотно-скоростных параметрах, характеризующих полёт объекта, и достижения ими предельных значений. Комплекс ИК ВСП представляет собой комплект блоков и устройств авиационной техники, функционально объединённых в единое целое и связанных между собой каналами информационных связей» [6].

1.2 Порядок проведения испытаний пилотажно-навигационного комплекса

Основные режимы работы пилотажно-навигационного комплекса отрабатывают и оценивают в следующем порядке:

- устойчивость и управляемость;
- управление и стабилизация угловых положений;
- совмещенное управление, если переход с режима совмещенного управления происходит на режимы стабилизации угловых положений, а не на режим стабилизации заданной траектории;
- стабилизация высотно-скоростных параметров (с помощью систем управления рулем высоты или тягой двигателя);

- стабилизация заданной линии пути по командам навигационных комплексов самолетовождения;

- оценка отказобезопасности.

При подготовке пилотажно-навигационного комплекса к испытаниям необходимо выполнить следующие работы:

- определить соответствие размещения блоков системы пилотажно-навигационного комплекса и качество монтажа заданным требованиям, с учетом требований по техническому обслуживанию;

- измерить параметры алгоритмов управления и оценить характеристики проводки управления;

- определить величины отклонения рулевых поверхностей самолета от сервоприводов пилотажно-навигационного комплекса во всех режимах его работы;

- определить частотные характеристики по всем каналам управления пилотажно-навигационного комплекса;

- проверить работоспособность систем контроля, индикации и сигнализации;

- измерить усилия пересиливания сервоприводов пилотажно-навигационного комплекса, а также ряд других работ, предусмотренных руководством по эксплуатации и методикой испытаний.

Полеты, имеющие целью отладку пилотажно-навигационного комплекса, должны проводиться при средних значениях массы и центровок самолета и характерных скоростях полета на высотах более 1000 м. При этом необходимо, чтобы полеты выполнялись в штилевых условиях.

Летные испытания по оценке характеристик системы проводятся в эксплуатационном диапазоне высот, скоростей, чисел M , центровок, масс, при различной конфигурации самолета в спокойной и турбулентной атмосфере, в простых и сложных метеоусловиях, днем и ночью; при этом очередность исследуемых режимов полета должна удовлетворять принципу «от простого — к сложному».

Количественная оценка показателей качества автоматического управления должна производиться после окончания доводки самолета с системами устойчивости и управляемости, балансировки, автоматически меняющимися по режимам полета передаточные отношения величин отклонения органов управления экипажа к величинам отклонения рулевых поверхностей.

Летные испытания на отказобезопасность проводятся после окончательной отработки и получения результатов стендовых испытаний. Пилотажно-навигационный комплекс должна быть укомплектован пультами, обеспечивающими имитацию отказов в соответствии с перечнем отказов, составленным по результатам стендовых испытаний.

1.3 Процессы контроля и диагностики элементов пилотажно-навигационного комплекса при производстве самолетов

Технология контроля при создании летательных аппаратов (ЛА) подразделяется на три основных этапа:

- входной контроль комплектующих изделий (КИ);
- проверка систем в цехе окончательной сборки;
- проверка ЛА на лётно-испытательной станции (лётные испытания).

«На авиастроительных предприятиях входному контролю подвергаются готовые изделия, агрегаты, комплексы различных систем, являющиеся комплектующими при изготовлении ЛА. Для этих целей на территории предприятия существует специализированный цех входного контроля. Задача данного подразделения - в лабораторных условиях выполнять проверку всех комплектующих изделий и систем на работоспособность перед установкой их на борт ЛА.

Входному контролю подвергается большое разнообразие готовых изделий, начиная от ламп освещения салона, концевых выключателей и заканчивая силовыми электромеханизмами, сложными вычислительными

комплексами, гидроагрегатами. Поэтому в состав цеха входят внутренние подразделения - лаборатории, специализирующиеся каждая на своих типах готовых изделий. Каждая лаборатория оснащена необходимым для её работы специальным стендовым и контрольно-проверочным оборудованием. Подобное оборудование разрабатывается и изготавливается с учётом требований разработчика для конкретных изделий и систем на соответствующих участках цеха. Для некоторых видов готовых изделий контрольно-проверочная аппаратура поставляется заводом изготовителем.

Всё контрольно-измерительное оборудование цеха в обязательном порядке проходит метрологическую аттестацию для исключения принятия ошибочных решений о пригодности проверяемых изделий к эксплуатации.

Поскольку пилотажно-навигационные комплексы современных самолётов имеют в своём составе большое количество сложных систем, для решения задачи входного контроля создаются несколько различных лабораторий, специализирующихся на определённых направлениях, представленных на рисунке 2» [6].



Рисунок 2 - Организация входного контроля систем и агрегатов пилотажно-навигационного комплекса

Входной контроль производится инженерно-техническим персоналом, прошедшим специальную подготовку. Работа выполняется строго по

инструкции, согласованной с заводом изготовителем проверяемых изделий. Для некоторых изделий технологическую инструкцию на входной контроль, а так же необходимое проверочное оборудование выпускает завод-изготовитель.

Методический подход при проведении входного контроля одинаков для любых систем и агрегатов пилотажно-навигационного комплекса. Он заключается в том, чтобы максимально приблизить объект проверки к реальным условиям его эксплуатации, находясь при этом в лаборатории. Для этого разрабатываются и создаются специализированные стенды, имитаторы и другое оборудование, позволяющее произвести включение проверяемой системы, агрегата пилотажно-навигационного комплекса на всех режимах работы, проанализировать выходные параметры и принять решение о допуске к эксплуатации. Общая структура методики входного контроля изображена на рисунке 3.

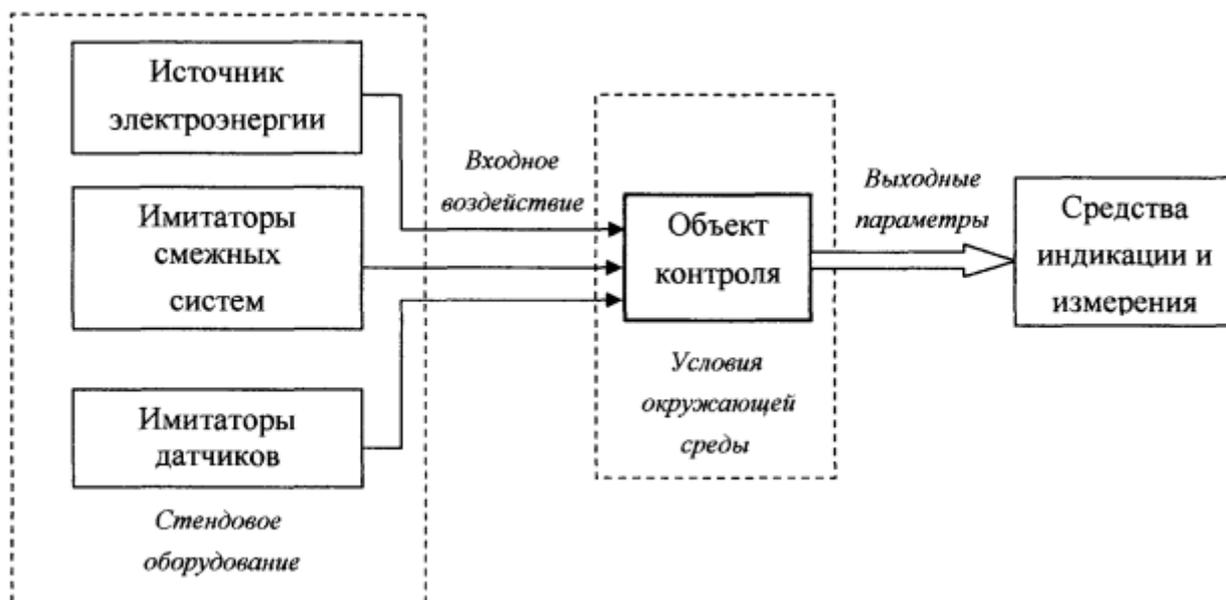


Рисунок 3 - Общая структура входного контроля

В состав стендового оборудования входят имитаторы всех систем и датчиков, с которыми объект контроля взаимодействует в процессе своей работы, то есть получает от них необходимую информацию.

Входное воздействие для разных проверяемых изделий может иметь различную физическую природу, это может быть электрическое напряжение, давление воздуха, радиосигналы, различные разовые команды или механические воздействия.

«Объект контроля, принимая входные сигналы, в результате своей работы формирует выходные параметры. В зависимости от типа изделия это так же могут быть электрические или радио - сигналы, механические перемещения и другие. Иногда под выходными параметрами следует понимать параметры работы сложного объекта.

Во время испытания объект контроля находится в определённых внешних условиях. Так как параметры среды - давление, влажность и температура влияют на выходные параметры объекта. Например, температура влияет на величину электрического сопротивления элементов токораспределительной системы и др.

Все выходные параметры измеряются средствами измерения и сопоставляются с требуемыми значениями. В результате определяется пригодность изделия к эксплуатации.

Иногда при входном контроле невозможно полностью воссоздать условия эксплуатации изделия. Например, при проверке на работоспособность бортовой аппаратуры спутниковой навигации не представляется возможным перемещать её со скоростью полёта самолёта для отработки изменения текущих координат во времени, можно получить только статическое их значение, то есть географическое местоположение комплекта аппаратуры на момент проверки. В таких случаях ограничиваются проверкой встроенным тест-контролем, при этом полная проверка изделия осуществляется на этапе лётных испытаний.

Таким образом, ввиду расхождения условий эксплуатации с условиями проверки изделий в лаборатории технология входного контроля при положительном результате проверки не гарантирует безотказную работу готовых изделий в составе комплекса оборудования на борту ЛА»[6].

После прохождения входного контроля все готовые изделия, агрегаты и системы передаются в сборочные цеха для монтажа на борт ВС в составе бортовой соединительной сети этого комплекса. Во время сборки ЛА, т. е. формирования системы не предусмотрены операции контроля работоспособности установленных агрегатов и систем. Как только некая система полностью смонтирована на борту, к её блокам подведено электропитание, подстыкованы все смежные системы, датчики и агрегаты, то появляется возможность включения этой системы и её проверки, по специальной технологии: - по существу представляющей ее включения под ток.

«Цель данной проверки - выявление дефектов монтажа систем, регулировка отдельных блоков и комплексов и принятию решений о готовности к циклу лётных испытаний. Объём и порядок проверки в сборочном цехе так же определяет разработчик технологии проверяемого изделия, системы. Для этого созданы специальные инструкции на каждую систему. Сама проверка значительно ограничена по сравнению с проверкой в лаборатории, так как на борту нет никаких специальных проверочных стендов, и в общем виде состоит из следующих операций:

- включение системы под ток;
- контроль всех имеющихся индикаторов включения системы;
- контроль отсутствия какой-либо синаглизации отказа системы, её составляющих;
- проверка встроенным тест-контролем.

Создание единого комплекса оборудования в цехе окончательной сборки лишь частично обеспечено аппаратно-техническими средствами контроля» [6].

Современный самолет - это сложная динамическая система, поэтому окончательная проверка его работоспособности возможна только в полете.

От качества и полноты информации, получаемой при летных испытаниях самолета, от четкости и скорости анализа поступающих при этом данных во многом зависит своевременное выявление и устранение всех его недостатков, способных в дальнейшем снизить безопасность полетов.

К числу главных факторов, которые необходимо учитывать при летных испытаниях современных ЛА, относятся:

- Особенности летной эксплуатации самолета:
 - а) большие диапазоны «рабочих» скоростей самолетов и высот полета;
 - б) существенное влияние упругих деформаций конструкции на аэродинамические характеристики самолета при больших скоростных напорах;
- Особенности летательного аппарата:
 - а) заметное изменение в течение полета массы и инерционных характеристик самолетов;
 - б) бустерная высокоавтоматизированная система управления.
- Особенности внешней среды (земной атмосферы):
 - а) нестационарность;
 - б) сжимаемость и инерционность воздуха;
 - в) изменение с высотой всех физических параметров воздуха.

Для качественного и быстрого проведения летных испытаний ЛА требуется регламентировать условия и методы летного эксперимента, обеспечить максимальную добротность и информативность каждого опыта, а также иметь хорошее представление как о наиболее вероятных изменениях динамических свойств и управляемости ЛА в различных условиях полета, так и о допустимых пределах изменения указанных свойств в случаях передачи ЛА в массовую эксплуатацию. Успех летно-испытательной работы

во многом зависит от интуиции испытателя, наличия у него достаточного практического опыта и прочных знаний.

Методическая подготовка летных испытаний авиационного комплекса и современного опытного самолета многопланова. Она обычно включает следующие виды работ:

- поисковые расчетно-теоретические исследования с использованием современной вычислительной техники;
- методическую отработку процедуры наземной подготовки ЛА, бортовых и наземных систем к первому вылету самолета и к последующим испытательным полетам;
- методическую отработку процедуры наземной подготовки экипажа к первому вылету и летным испытаниям ЛА;
- разработку программы летных испытаний ЛА и оперативного плана организации работ с завершением их в заданные календарные сроки.

Программа летных испытаний является основным рабочим и юридическим документом, регламентирующим процедуру и объем проводимых на ЛА экспериментов. Она определяет цели, объем, условия и методы проведения испытаний ЛА как в процессе наземной подготовки испытаний и первого вылета, так и в ходе летных испытаний этого изделия. К программе обычно прикладывают указания экипажу о действиях в особых случаях полета (при возможных отказах силовой установки, отдельных систем, элементов автоматики и т. п.), а также при проявлении тех или иных (ожидаемых) особенностей в динамике и управляемости ЛА.

Правильная организация летных испытаний предполагает выработку рациональной организационной структуры и эффективной системы управления, способных во взаимодействии наилучшим образом, т. е. в планируемые сроки и с высоким качеством, решить все поставленные перед ними задачи. В состав такой организационной структуры входят: комплексная испытательная бригада специалистов различного профиля, группа планирования и контроля, службы эксплуатации, управления

экспериментом и обработки полетной информации, наземные и летающие лаборатории, стенды, оптические и радиотехнические наземные средства, а также соответствующая производственная база. Все это в совокупности повседневно обеспечивает нормальный ход испытаний ЛА.

Испытания ЛА (авиационных комплексов) проводятся в три этапа:

- Этап заводских (предварительных) испытаний.
- Этап государственных (приемочных) испытаний.
- Этап эксплуатационных испытаний.

В ходе заводских испытаний проверяются и отрабатываются также средства наземного обслуживания ЛА, контрольно-проверочная аппаратура и уточняется возможность обеспечения базирования ЛА во всех заданных техническим заданием условиях. Отрабатываются и проверяются алгоритмы и программы обработки испытаний, а также соответствие конструкторской и эксплуатационной документации требованиям действующих стандартов, комплексно оценивается готовность ЛА и комплектующих его изделий для передачи на государственные испытания.

По результатам заводских испытаний принимается решение о возможности передачи опытного изделия на государственные испытания.

Государственные (приемочные) испытания проводят представители заказчика. По итогам которых составляется акт, содержащий оценку достоинств и недостатков ЛА. Заключение о пригодности для массовой эксплуатации дают с учетом результатов всех испытаний и исследований, проведенных к моменту окончания государственных испытаний.

После положительного завершения всех лётных заданий ВС считается готовым к передаче в эксплуатацию.

Современная технология производства ЛА не способна обеспечить безотказную сборку и как правило с полёта ВС возвращается с определённым набором дефектов. На основании составленного перечня дефектов производится работы по их устранению, после чего ВС совершает повторный полёт. Большое число испытательных полётов, их высокая стоимость делают

лётные испытания весьма накладными для авиастроительных предприятий. В этом смысле при условии, что лётные испытания являются неотъемлемой частью производства ЛА, крайне важно стремиться максимально снизить объём внеплановых (повторных) полётов за счёт внедрения более совершенных методов и средств наземной отработки ЛА и его бортовых систем.

Для проведения анализа процесса контроля и диагностики пилотажно-навигационного комплекса разработана функциональная модель «AS-IS» (приложение А). На диаграмме верхнего уровня процесс контроля и диагностики представлен состоящим из процессов входного контроля, контроля смонтированного комплекса и летных испытаний.

1.4 Направления повышения эффективности бизнес-процессов контроля качества пилотажно-навигационного комплекса

Из анализа информации, представленной в модели «AS-IS» можно заключить, что на трех этапах контроля качества пилотажно-навигационного комплекса образуется большое количество информации по качеству, но отсутствует механизм по эффективному использованию данной информации в управлении качеством.

Разработка автоматизированной системы для сквозного использования на всех этапах контроля и испытаний позволит повысить эффективность управления качеством за счет следующих составляющих:

- снижение времени на формирование протоколов испытаний,
- возможность аналитической обработки информации по качеству для разработки планов корректирующих действий,
- возможность применения инструментов управления качеством при анализе данных по качеству.

Разработанная модель процессов контроля и испытаний с использованием автоматизированной системы управления качеством приведена в приложении Б.

Модель «ТО-ВЕ» предусматривает занесение на каждом этапе проведения испытаний информации по качеству, анализ данной информации инженером по качеству для формирования мероприятий по улучшению процессов контроля и испытаний пилотажно-навигационного оборудования.

Процесс менеджмента качества, осуществляемый инженером по качеству, предусматривает разработку показателей качества для каждого из видов контроля и испытаний, эскизную разработку форм ввода и обработки показателей по качеству, подготовку заданий для внесения изменений в автоматизированную систему.

Выводы по разделу:

В первом разделе выполнено описание состава, функций и порядка контроля качества пилотажно-навигационного оборудования. Разработана процессная модель проведения испытаний и контроля «AS-IS»

Определены пути повышения эффективности менеджмента качества путем внедрения автоматизированной системы управления качеством пилотажно-навигационного оборудования и разработана модель процессов контроля и испытаний «ТО-ВЕ» с применением автоматизированной системы.

2 Проектирование автоматизированной системы контроля качества пилотажно-навигационного оборудования

2.1 Выбор технологии реализации проекта автоматизированной системы

Автоматизированная система контроля качества пилотажно-навигационного оборудования предусматривает участие многих пользователей и может быть реализована в качестве веб-приложения клиент-серверной архитектуры.

В качестве системы управления базой данных в проекте оптимально использование MySQL [20], [21], которая является наиболее широко используемой технологией в проектах, не связанных с обработкой больших объемов данных.

К достоинствам MySQL относят:

- развитый пользовательский интерфейс, обеспечивающий легкость работы и простоту освоения;
- большой набор функциональных возможностей;
- функции по безопасности базы данных поддерживаются по умолчанию
- возможность надежной работы с большими объемами данных;
- высокая скорость работы достигнутая за счет неполного использования стандартов.
- бесплатность и наличие платных версий с расширенным функционалом.

Слабыми сторонами MySQL являются:

- стандарт SQL поддерживается не в полном объеме;
- платная поддержка любой версии как платной так и бесплатной.

Автоматизация процессов работы с базой данных может быть эффективно реализована через клиент-серверное приложение на языке PHP [2], [22]. PHP поддерживает использование SQL запросов.

Преимуществами PHP являются:

- свободное программное обеспечение;
- простота освоения;
- широкое распространение;
- поддержка баз данных;
- возможность применения для приложений работающих в изолированной среде;
- поддержка различных аппаратных платформ и операционных систем.

Недостатки PHP:

- не предназначен для системного программирования;
- имеет слабые средства для работы с исключениями;
- относительно низкий уровень безопасности приложений.

На ранних этапах разработки для создания прототипов пользовательского интерфейса использована программа Axure RP [17], сочетающая легкость освоения и широкие возможности прототипирования пользовательских интерфейсов.

В ходе концептуального моделирования системы эффективно использование моделирования в нотациях UML и IDEF1X.

2.2 Концептуальное моделирование проекта

Концептуальное моделирование автоматизированных систем выполняется с целью определить правила и содержания взаимодействия объектов и данных [5], [13]. В объектном концептуальном моделировании наиболее распространенной является нотация UML [7], [8], поддерживаемая широким набором кейс-средств [10]. Концептуальное моделирование данных автоматизированной системы состоит в описании требований к структуре

хранения данных. При этом чаще всего применяют схемы реляционных баз данных [14], [18] в нотации IDEF1X [19], описывающей структуру базы данных на логическом уровне на основании ERD модели [16].

2.2.1 Объектно-ориентированное моделирование автоматизированной системы

На первом этапе объектного моделирования необходимо переделить функции и пользователей системы. Функции и пользователь автоматизированной системы контроля качества пилотажно-навигационного оборудования показаны на рисунке 4 на диаграмме вариантов использования [4].



Рисунок 4 – Диаграмма вариантов использования автоматизированной системы контроля качества пилотажно-навигационного оборудования

Пользователями системы являются инженер-контролер и инженер по качеству. Инженер по качеству используя запросы к базе данных выводит структурированную информацию по результатам контроля качества, выполняет анализ данных используя инструменты управления качеством и по результатам анализа разрабатывает мероприятия по совершенствованию системы управления качеством.

Также инженер по качеству разрабатывает предложения по развитию автоматизированной системы с включением в нее новых видов контролируемого пилотажно-навигационного оборудования.

Инженер-контролер обеспечивает наполнение системы данными по результатам контроля качества.

Детализация работы инженера-контролера с автоматизированной системой выполнена с использованием диаграммы деятельности [15] и показана на рисунке 5.

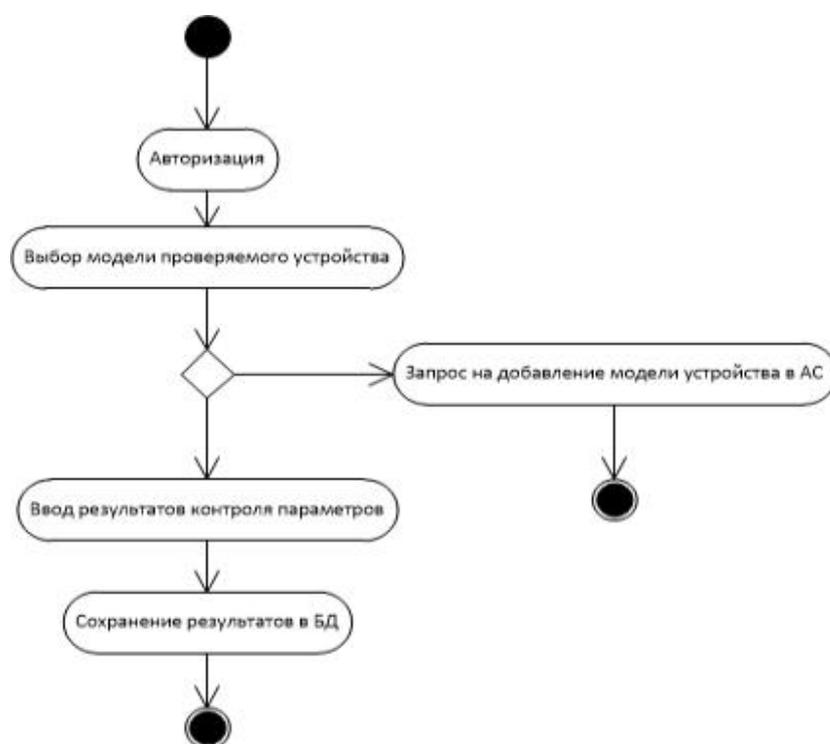


Рисунок 5 – Диаграмма деятельности инженера-контролера в рамках прецедента «Ввод результатов контроля»

В соответствии с диаграммой деятельности инженер контролер при входе в систему на основании своих учетных данных получает доступ к вводу данных в рамках своих служебных обязанностей. Затем инженеру-контролеру необходимо выбрать модель проверяемого устройства и ввести его серийный номер. При отсутствии модели в списке необходимо сделать запрос на добавление модели в автоматизированную систему.

2.2.2 Модель данных автоматизированной системы

Логическая модель это схема базы данных, выраженная в понятиях модели данных [9]. Этим отличается от концептуальной модели, описывающей семантику предметной области без указания технологии (конкретных методов реализации), и от физической модели, которая описывает конкретные физические механизмы, применяемые для хранения данных в накопителях.

Логическая модель данных автоматизированной системы контроля качества пилотажно-навигационного оборудования (рисунок 6) включает 8 таблиц и реализует реляционный принцип построения баз данных.

В автоматизированной системе представлены три основные сущности – персонал, пилотажно-навигационное оборудование и результаты контроля качества.

Таблица «Персонал» содержит информацию о работниках, использующих автоматизированную систему. Для выполнения требований нормализации информация о подразделении и должности вынесена в отдельные таблицы – справочники.

Для того чтобы определить на каких этапах испытаний работает тот или иной отдел, введена таблица «Этапы», родительская по отношению к таблице «Подразделения».

Таблица пилотажно-навигационного оборудования связана с таблицей параметров. В последней для каждой модели пилотажно-навигационного оборудования определен ряд контролируемых параметров. Их единицы измерения и предельные значения.

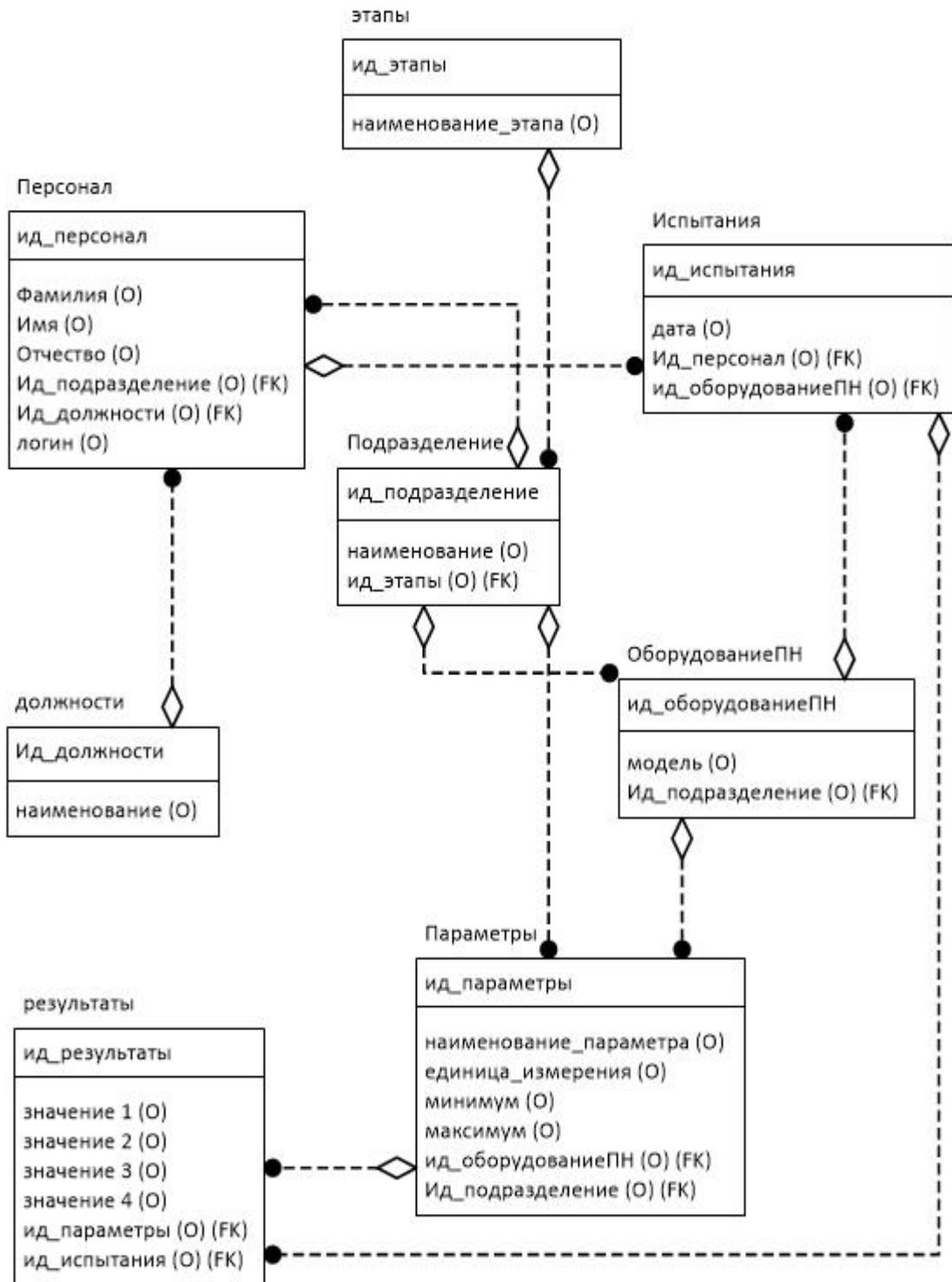


Рисунок 6 – Логическая модель данных автоматизированной системы контроля качества пилотажно-навигационного оборудования

Также в таблице «Параметры» установлена связь с подразделениями, которая устанавливает какие из параметров каким подразделением контролируются.

Таблица «Результаты» является операционной и хранит информацию, снятую со стендов в ходе испытаний.

Поскольку параметры, снимаемые при контроле могут иметь различную форму (текстовую, целочисленную, с плавающей точкой или логическую), то в таблице «Результаты» введены 4 поля для внесения и хранения информации в различных форматах.

2.3 Контрольный пример реализации проекта

Автоматизированная система контроля качества пилотажно-навигационного оборудования предусматривает ввод данных по результатам проверок и испытаний, который выполняет инженер-контролер и анализ данных по качеству, который выполняет инженер по качеству. Это реализуется двумя ролями – инженер по качеству. При входе в систему пользователь вводит свой логин и пароль, на основании которых он идентифицируется как инженер-контролер или как инженер по качеству.

Инженер-контролер автоматически идентифицируется в соответствии с областью своей работы - входной контроль, контроль после монтажа или лётные испытания.

Рассмотрим интерфейс системы для инженера-контролёра входного контроля. На первой странице (рисунок 7) необходимо выбрать лабораторию и модель проверяемого оборудования.

При нажатии кнопки «ввести результаты» происходит переход на страницу ввода результатов испытаний, сформированную в соответствии с инструкцией проверки прибора.

Корректор высоты предназначен для выдачи в автопилот сигнала отклонения самолета от заданной барометрической высоты полета. При

работе устройства воздух из системы питания статическим давлением подается на мембрану, смещение которой через индукционный датчик преобразуется в электрическое напряжение, подаваемое в систему автоматического управления. При включении режима стабилизации высоты текущее положение мембраны становится нулевым и при превышении величины отклонения некоторой величины (зоны застоя) подается управляющий сигнал на закрылки для коррекции высоты.

Автоматизированная система контроля качества
пилотажно-навигационного оборудования

входной контроль

лаборатория систем определения высотно-скоростных параметров

инструкция проверки

Наименование прибора для контроля
корректор высоты КВ - 16

Серийный номер 123456

Инженер-контролер Иванов Иван Иванович

выйти

вести результаты

Рисунок 7 – Первая страница инженера-контролера

Входной контроль выполняется в лаборатории систем определения высотно-скоростных параметров инженером-контролером. Для контроля используется стенд, обеспечивающий подачу питающего напряжения, имеющий возможность управлять давлением, подаваемым на мембрану и измеряющий напряжение на выходах.

Схема электрическая принципиальная пульта проверки корректора высоты КВ – 16 приведена на рисунке 8.

«Методика проверки корректоров высоты состоит во вводе в проверяемый прибор необходимых значений абсолютного (статического) давления и считывания показаний проверяемого изделия. Специфической

особенностью проверки корректоров высоты, в отличие, например, от барометрических высотомеров является необходимость измерения малых отклонений абсолютного давления (мм вод. ст.), соответствующих отклонению самолета от заданной высоты полета ($0 \dots \pm 300\text{м}$), на фоне абсолютных давлений (мм рт. ст.) высокой степени разрежения, соответствующих заданной высоте полета ($0 \dots 30000\text{м}$). В связи с этим заданная высота полета устанавливается с помощью двухстрелочного высотомера типа ВД-20, а отклонение от заданной высоты устанавливается с помощью водяного манометра.» [12]

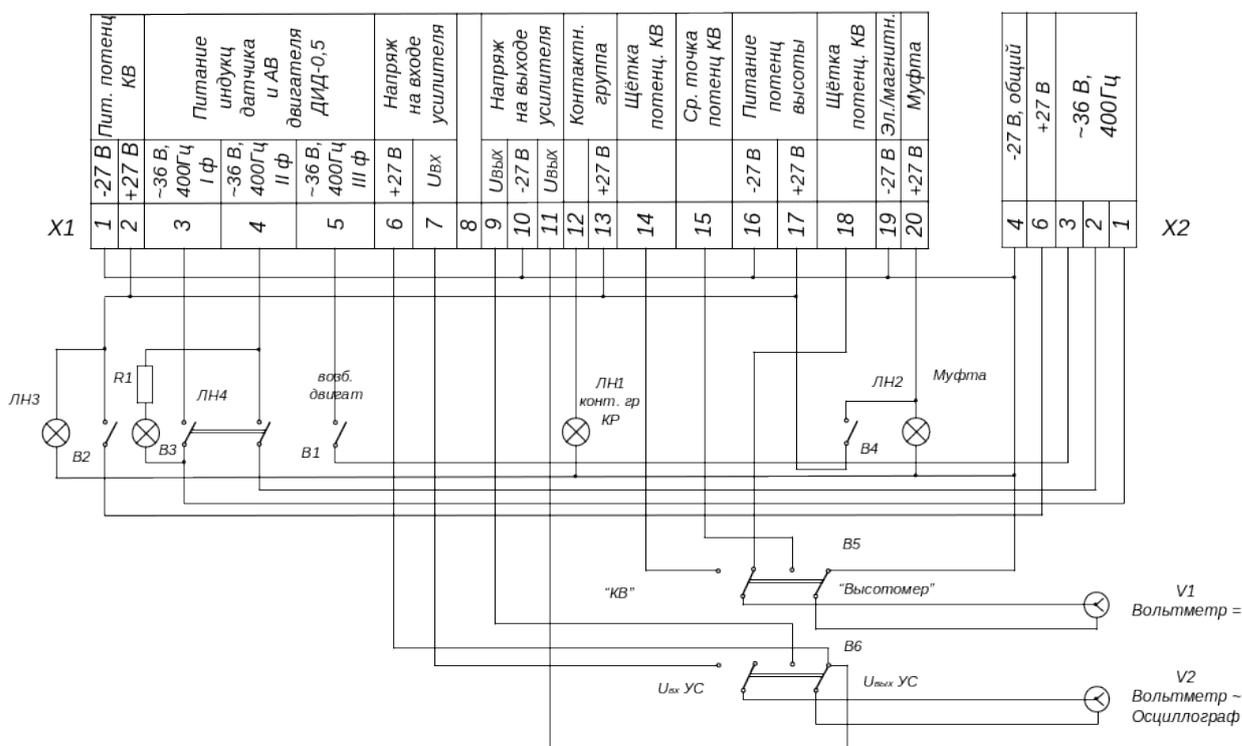


Рисунок 8 - Схема электрическая принципиальная пульта проверки корректора высоты КВ - 16

Контроль выполняется в следующем порядке:

1. «Проверка полярности показаний прибора по высоте. Подать питание на пульт, включив B2, B3. Переключатель B5 поставить в положение «Высотомер», B4 – положение «Выключен». Переключатель B1 в положение «Включен». При создании в корпусе прибора разрежения каналом «Вакуум»,

показания вольтметра V1 будут положительными, что означает – «подъем».[12]

2. «Измерение сигнала высоты. Подать питание на пульт, включив B2, B3. Переключатель B5 поставить в положение «Высотомер», B4 – в положение «Выключен». Переключатель B1 в положение «Включен». По вольтметру V1 производится отсчет показаний высоты на уровне земли. Медленно вращая кран «Вакуум» создать в приборе разрежение и после согласования следящей системы снять показания с вольтметра V1 на высотах 3, 6, 9, 12, 15, 20 км. Отсчет высоты проводится по высотомеру ВД-20.»[12]

3. «Проверка полярности сигнала корректора высоты. Подать питание на пульт, включив B2, B3. Переключатели B5 – в положение “КВ”. Переключатель B1 в положение «Включен». При увеличении разрежения в приборе (медленно вращая кран «Вакуум») показания вольтметра V1 будут положительными, что означает – «подъем», а при уменьшении разрежения (кран «Атм.» при закрытом кране «Вакуум») показания вольтметра V1 будут отрицательными, что означает – «спуск». При данном положении выключателей B1, B2, B3 и переключателя B5 проверяется срабатывание контактной группы. Срабатывание контактной группы должно быть в пределах (0,5 –1,5) В. Выключить выключатель B4 и замерить по вольтметру V1 остаточное напряжение на потенциометре корректора высоты. Остаточное напряжение сигнала корректора высоты не должно превышать 0,3 В при напряжении питания 27 В.»[12]

4. «Проверка зоны застоя прибора. Подать питание на пульт, включив B2, B3. Выключатель B4 – в положение «Включен», B1 в положение «Включен». Открывается кран «Соединительный». Медленно вращая кран «Вакуум» в приборе создается разрежение, соответствующее высоте 20 км, что замеряется по внешнему высотомеру, выключатель B4 ставится в положение «муфта», переключатель B5 – в положение «КВ». При прохождении показания вольтметра V1 через любое выбранное значение в диапазоне от 1,5В до 2,5В, в прямом и обратном направлении, производится

отсчет показаний по водяному манометру. Разность показаний дает величину зоны застоя корректора высоты в мм вод. ст.

После съема показаний выключатель В4 ставится в положение «выключен» и в приборе создается разрежение, соответствующее высоте 12 км. После проверки зоны застоя на 12 км аналогично производится проверка зоны застоя на высоте 1 км.

Зона застоя корректора высоты должна быть не более:

На высоте 20 км – не более, 3 мм вод. ст.

На высоте 12 км – не более, 4 мм вод. ст.

На высоте 1 км – не более, 6 мм вод. ст.

Крутизна характеристики корректора высоты должна быть:

На высоте 20 км – не более, 3 мм вод. ст./вольт.

На высоте 12 км – не более, 8 мм вод. ст./вольт.

На высоте 1 км – не более, 20 мм вод. ст./вольт.» [12]

5. «Проверка времени переходного процесса. Подать питание на пульт, включив В2, В3. В1 - в положение «Включен». Выключатель В4 – в положение «Выключен». В5 – в положение «КВ». Открывается кран «Соединительный». Медленно вращая кран «Вакуум» в приборе создается разрежение, соответствующее высоте 1 км по указателю высотомера ВД-20. После того, как давление установится, выключатель В1 ставится в положение «отключено». Закрывается кран «Соединительный». С помощью крана «Вакуум» в приборе изменяется давление на 8 – 10 мм вод. ст. Включается выключатель В1 и наблюдается переходной процесс по осциллографу, подключенному к разъему V2, при этом переключатель В6 должен находиться в положении – «Увых УС». По шкале осциллографа определяем время переходного процесса. При этом переходной процесс должен иметь не более 5 колебаний, а время переходного процесса должно быть не более 4 сек.» [12]

Пользовательский интерфейс для инженера-контролера для контроля корректора высоты КВ-16 показан на рисунке 9.

Автоматизированная система контроля качества пилотажно-навигационного оборудования

входной контроль

лаборатория систем определения высотно-скоростных параметров
Инженер-контролер Иванов Иван Иванович

инструкция проверки

Наименование прибора для контроля

корректор высоты KB - 16

Серийный номер

123456

1. Проверка полярности показаний прибора по высоте Выполнено

2. Измерение сигнала высоты

Высота, км	Показания вольтметра В1
3	0,92
6	1,22
9	1,35
12	1,36
15	1,40
20	1,45

3	0,92
6	1,22
9	1,35
12	1,36
15	1,40
20	1,45

3. Проверка полярности сигнала корректора высоты

Напряжение срабатывания контактной группы при увеличении разрежения

-1,22

Напряжение срабатывания контактной группы при уменьшении разрежения

1,20

Остаточное напряжение на потенциометре корректора высоты

0,12

4. Проверка зоны застоя

Высота, км	Зона застоя, мм. вод. столба
1	5,5
12	3,3
20	2,5

5. Проверка крутизны характеристики

Высота, км	Крутизна характеристики, мм. вод. ст. / вольт
1	19
12	7
20	2

6. Проверка времени переходного процесса

Число колебаний переходного процесса

4

Время переходного процесса, секунд

3,5

очистить

опубликовать результаты

Рисунок 9 – Страница ввода результатов проверки корректора высоты

При нажатии на кнопку «опубликовать результаты» данные страницы записываются в базу данных автоматизированной системы контроля качества и могут быть использованы инженером по качеству.

Страница инженера по качеству показана на рисунке 10.

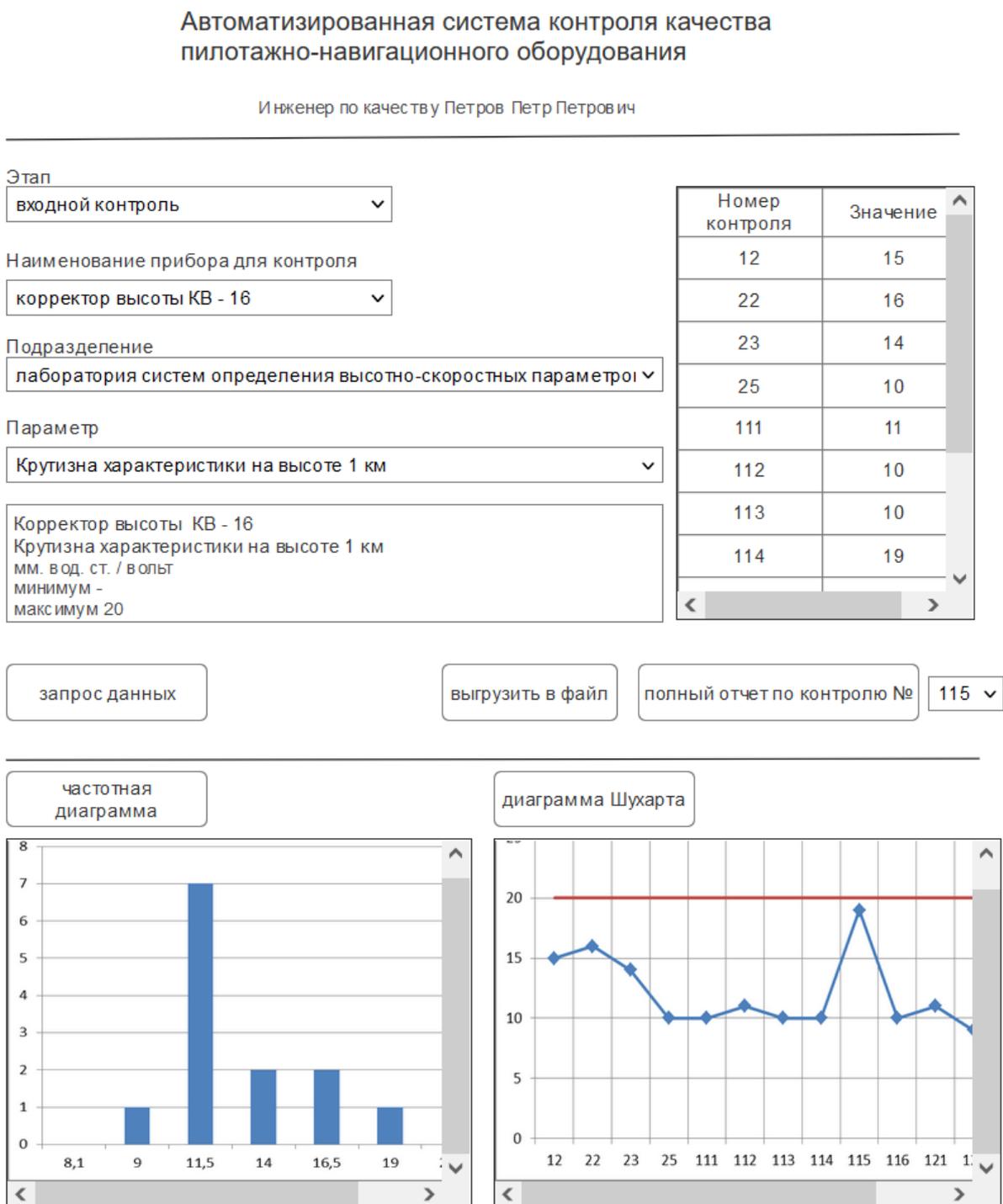


Рисунок 10 – Страница вывода результатов проверки корректора высоты

При входе на страницу необходимо выбрать этап испытаний и контроля, наименование модели контролируемого прибора, подразделение, осуществляющее контроль и контролируемый параметр.

Характеристики параметра (наименование, предельные значения и единицы измерения) для выбранной модели прибора будут отображены.

При нажатии кнопки «запрос данных» в правой части появляется заполненная таблица, в которой приведены значения параметра и идентификационные номера контролей.

Есть возможность просмотреть полный отчет по определенному контролю – для этого из выпадающего списка выбрать идентификационный номер контроля и нажать кнопку «полный отчет по контролю №». После этого отобразится новое окно с полной информацией о контроле, содержащее данные, показанные на рисунках 7 и 9.

Данные могут быть выгружены в файл для дальнейшей обработки.

Некоторые инструменты обработки данных по качеству (частотная диаграмма и диаграмма Шухарта) могут быть использованы прямо в окне.

Частотная диаграмма строится в блоке, расположенном под соответствующей кнопкой. При этом весь диапазон изменения контролируемого параметра разбивается на пять равных интервалов. По горизонтальной оси отмечены начальные значения интервалов, по вертикальной – количество вхождений значения контролируемого параметра в интервал.

Диаграмма Шухарта [3] представляет график изменения значения контролируемого параметра во времени относительно границ допуска. По горизонтальной оси показаны идентификационные номера контролей, по вертикальной – значения контролируемого параметра.

Разработанные элементы интерфейса пользователя позволяют использовать информацию, введенную в ходе контроля и испытаний пилотажно-навигационного оборудования, для анализа показателей по качеству и разработки мероприятий по управлению качеством.

Выводы по разделу.

Во втором разделе разработана объектно-ориентированная модель автоматизированной системы контроля качества пилотажно-навигационного оборудования включающая UML диаграммы вариантов использования и деятельности.

Логическая модель базы данных разработана в нотации IDEF1X и состоит из 8 таблиц, необходимых для хранения результатов контроля качества пилотажно-навигационного оборудования.

Проектирование пользовательского интерфейса выполнено в программе Axure RP и содержит примеры страниц ввода данных для инженера-контролера и страницы вывода результатов для инженера по качеству.

3 Оценка экономической эффективности проекта

3.1 Выбор и обоснование методики расчета экономической эффективности проекта

Автоматизированная системы контроля качества пилотажно-навигационного оборудования предназначена для повышения эффективности процессов управления качеством на всех этапах производственного цикла.

Применение информационной системы повысит качество и производительность деятельности инженеров по качеству, состоящей в анализе результатов контроля, разработке корректирующих действий и мероприятий по повышению качества.

Расчет экономической эффективности проекта целесообразно выполнить по методике сравнительной оценки двух вариантов [1].

В базовом варианте деятельность по управлению качеством выполняется без автоматизированной системы. В данном случае инженер по качеству для того чтобы проанализировать данные по качеству должен обратиться к копиям протоколов контроля и испытаний, которые нередко существуют только бумажном варианте. Время, затрачиваемое на поиск и обработку информации по результатам измерений, снижает эффективность работы и приводит к несвоевременности указаний по корректирующим действиям.

В проектном варианте инженер по качеству в качестве источника данных использует автоматизированную систему контроля качества, что повышает производительность и эффективность его деятельности по управлению качеством.

Методика заключается в расчете капитальных затрат на создание автоматизированной системы, расчете стоимости владения системой, расчете годовых затрат на обработку информации по сравниваемым вариантам. На

основании рассчитанных величин определяется срок окупаемости и экономическая эффективность проекта.

3.2 Расчет фактических затрат на реализацию проекта

Затраты на реализацию проекта включают капитальные и эксплуатационные затраты. Капитальные затраты являются единовременными и соответствуют расходам для создания веб-представительства. Эксплуатационные затраты или стоимость владения являются постоянными на весь период использования автоматизированной системы и соответствуют расходам на ее поддержку в работоспособном состоянии.

Работа по созданию и развитию автоматизированной системы контроля качества пилотажно-навигационного оборудования будут выполняться ИТ подразделениями ПАО «Ил» в плановом порядке в рамках программы мероприятий по повышению качества.

Этапы выполнения проекта автоматизированной системы назначены в соответствии с ГОСТ 34.601—90 «Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания» и показаны в таблице 1.

Таблица 1 – Этапы выполнения проекта автоматизированной системы контроля качества пилотажно-навигационного оборудования

Этап	Продолжительность, дней	Участники
1. Формирование требований к АС	2	Инженер по качеству Руководитель проекта
2. Разработка концепции АС	2	Руководитель проекта Системный аналитик Инженер по качеству Инженер-контролер Программист
3. Техническое задание	5	Руководитель проекта Системный аналитик Инженер по качеству Инженер-контролер

Продолжение таблицы 1

Этап	Продолжительность, дней	Участники
4. Эскизный проект	3	Руководитель проекта Системный аналитик Программист
5. Технический проект	27	Руководитель проекта Программист
6. Рабочая документация	4	Руководитель проекта Технический писатель
7. Ввод в действие	8	Руководитель проекта Инженер по качеству Инженер-контролер Программист
Итого:	51	

На этапе формирования требований выполняется инициация деятельности, руководитель проекта совместно с представителем службы качества (инженером по качеству) выполняют обоснование необходимости разработки автоматизированной системы.

При разработке концепции на основании изучения деятельности подразделений создается концептуальное описание автоматизированной системы, учитывающее требования пользователей – инженеров-контролёров и инженеров по качеству.

Техническое задание описывает все требования к разрабатываемой системе и является основным документом, регламентирующим объем и номенклатуру дальнейших работ.

На этапе эскизного проекта выполняется проектирование пользовательских интерфейсов системы и установление основных требований к взаимодействию элементов системы.

Технический проект выполняется главным образом программистами. Реализуются требования технического задания и эскизного проекта.

На всех этапах проекта в качестве одного из участников присутствует руководитель проекта, осуществляющий контроль и приемку работ остальных исполнителей.

Ориентировочная трудоёмкость для каждого их участников проекта приведена в таблице 2.

При расчете расходов на заработную плату учтен единый социальный налог (ЕСН). Этот налог уплачивается работодателем от суммы заработной платы и составляет 30 процентов.

Таблица 2 – Трудоемкость участников проекта автоматизированной системы

Участник	Часовая ставка, руб.	Общий объем работ по проекту, часов	Расходы на заработную плату с учетом ЕСН, руб
Руководитель проекта	625	80	65000
Системный аналитик	500	28	18200
Программист	500	250	162500
Технический писатель	375	32	15600
Инженер по качеству	250	10	3250
Инженер-контролер	250	8	2600
Итого		408	267150

При разработке автоматизированной системы будут использованы существующие аппаратные средства предприятия и бесплатное программное обеспечение, следовательно, капитальные затраты составят расходы на заработную плату участников проекта $K = 267150$ рублей.

3.3 Расчет ожидаемого экономического эффекта от использования результатов проекта

Стоимость владения или эксплуатационные затраты на автоматизированную систему включают расходы на заработную плату, эксплуатацию вычислительной техники, обслуживание помещений и рабочих мест. Проект автоматизированной системы не предусматривает введения новых рабочих мест и оборудования. Поддержка и развитие автоматизированной системы будет реализована двумя программистами за ежемесячную доплату 10000 рублей. Стоимость владения с учетом ЕСН составит $Cв = 312000$ рублей в год.

Внедрение автоматизированной системы приведет к снижению трудоемкости на выполнение работ по анализу качества контроля пилотажно-навигационной аппаратуры.

Данные по трудоемкости инженера по качеству, связанных с использованием автоматизированной системы, приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Временные трудозатраты инженера по качеству

Операция	Суммарное время до автоматизации, часов в год	Суммарное время после автоматизации, часов в год	Экономия, ч
Анализ данных по качеству	500	200	300
Разработка корректирующих действий	100	60	40
Разработка мероприятий по совершенствованию системы управления качеством	100	80	20
Итого:	700	340	360

Заработная плата инженера по качеству составляет 250 рублей в час, количество инженеров по качеству, использующих автоматизированную систему, составляет 5 человек, С учетом ЕСН экономия от снижения трудоемкости составит $\mathcal{E}mp = 585000$ рублей в год.

Годовая экономия от внедрения автоматизированной системы
рассчитана по формуле

$$\mathcal{E}_g = \mathcal{E}mp - C_v. \quad (1)$$

Годовая экономия $\mathcal{E}_g = 273000$ рублей.

Срок окупаемости проекта рассчитан по формуле

$$T_{ок} = K / \mathcal{E}_g. \quad (2)$$

Срок окупаемости проекта составляет 1 год.

Внедрение автоматизированной системы контроля качества пилотажно-навигационного оборудования даст дополнительный эффект, связанный с тем, что структурированное хранение данных по результатам контроля и испытаний дает возможность использования современных инструментов статистической обработки при анализе данных по качеству.

Выводы по разделу.

В третьем разделе выполнен расчет экономической эффективности проекта автоматизированной системы контроля качества пилотажно-навигационного оборудования.

По результатам расчетов проект обладает экономической эффективностью, связанной со снижением трудоемкости при анализе данных по качеству. Срок окупаемости проекта составляет 1 год.

Внедрение проекта в производственный процесс изготовления самолетов обеспечит дополнительный эффект за счет повышения качества анализа данных.

Заключение

В процессе выполнения бакалаврской работы выполнена разработка проекта автоматизированной системы контроля качества пилотажно-навигационного оборудования.

По результатам анализ состава и порядка контроля качества пилотажно-навигационного оборудования в ходе изготовления самолета разработана функциональная модель «AS-IS».

Из анализа информации, представленной в модели «AS-IS» определены пути повышения эффективности бизнес-процессов контроля и испытаний пилотажно-навигационного оборудования путем внедрения автоматизированной системы.

Разработана функциональная модель «TO-BE» описывающая процессы контроля и испытаний пилотажно-навигационного оборудования с применением автоматизированной системы контроля качества.

Разработана объектная модель описывающая взаимодействие пользователей с автоматизированной системой.

Выполнено логическое моделирование базы данных, по результатам которого разработана модель в нотации IDEF1X устанавливающая порядок хранения данных по результатам контроля и испытаний пилотажно-навигационного оборудования.

В качестве контрольного примера реализации проекта рассмотрена операция входного контроля корректора высоты KB-16 с занесением результатов в автоматизированную систему контроля качества пилотажно-навигационного оборудования. Разработан пользовательский интерфейс для инженера-контролера, обеспечивающий удобный ввод результатов в соответствии с инструкцией по порядку проведения контроля. Разработан пользовательский интерфейс для инженера по качеству, обеспечивающий анализ данных с применением инструментов управления качеством

«Частотное распределение» и «Диаграмма Шухарта» и возможность выгрузки данных для более детального анализа.

В ходе оценки экономической эффективности проведено обоснование методики расчета, рассчитаны фактические затраты на реализацию проекта, рассчитана экономия от использования автоматизированной системы и расходы на владение автоматизированной системой, определен срок окупаемости капитальных вложений, составляющий 1 год.

Эффективность проекта автоматизированной системы контроля качества связана со снижением трудоемкости и повышением качества анализа данных контроля и испытаний инженерами по качеству. Применение автоматизированной системы позволит повысить качество изготовления самолетов за счет более эффективного применения методов менеджмента качества в работах, связанных с пилотажно-навигационным комплексом летательных аппаратов.

Все поставленные задачи выполнены, цель работы достигнута.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Анисифоров А.Б., Анисифорова Л.О. Методики оценки эффективности информационных систем и информационных технологий в бизнесе: учебное пособие [Электронный ресурс]. URL: <https://elib.spbstu.ru/dl/2/3876.pdf/download/3876.pdf> (дата обращения: 12.09.2021).
2. Воякин Е.В. Разрабатываем информационные системы на PHP методом визуального программирования / Журнал «Системный администратор», №2, 2015 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://samag.ru/archive/article/519> (дата обращения: 19.08.2021).
3. ГОСТ Р 50779.42-99 Государственный стандарт российской федерации. Статистические методы. Контрольные карты Шухарта [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200025672> (дата обращения: 10.09.2021).
4. Использование диаграммы вариантов использования UML при проектировании программного обеспечения [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/post/566218/> (дата обращения: 24.08.2021).
5. Казиев, В. М. Введение в анализ, синтез и моделирование систем: учебное пособие. Москва, Саратов: Интернет Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2020. 270 с.
6. Кириллов А.В. Совершенствование технологических процессов функционального контроля и испытаний пилотажно-навигационных комплексов летательных аппаратов [Электронный ресурс]. URL: <http://dlib.rsl.ru/rsl01005000000/rsl01005378000/rsl01005378202/rsl01005378202.pdf>. (дата обращения: 03.08.2021).
7. Корпоративный сайт Creatly [Электронный ресурс] : UML Diagram Types Guide: Learn About All Types of UML Diagrams with Examples URL: <https://creately.com/blog/diagrams/uml-diagram-types-examples/> (дата обращения 19.08.2021).

8. Ларман К.Ф. Применение UML 2.0 и шаблонов проектирования М: Диалектика; Москва, 2016. – 736с.
9. Моделирование данных: обзор [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/post/556790/> (дата обращения: 11.09.2021).
10. Носова, Л. С. Case-технологии и язык UML: учебно-методическое пособие. Челябинск, Саратов: Южно-Уральский институт управления и экономики, Ай Пи Эр Медиа, 2019. 67 с.
11. ОСТ 1 02553-85 Отраслевой стандарт. Комплексы пилотажно-навигационные цифровые самолетов и вертолетов. Общие требования и принципы организации эксплуатационного контроля. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ibm.ru/techdocs/kgs/ost/244/info/9012/> (дата обращения: 23.08.2021).
12. Проверка корректора высоты КВ-16 [Электронный ресурс]. URL: https://studopedia.net/5_69564_proverka-korrektora-visoti-kv-.html. (дата обращения: 20.08.2021).
13. Стешин, А. И. Информационные системы в организации: учебное пособие. Саратов: Вузовское образование, 2019. 194 с.
14. Тараканов О.В. Базы данных. Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ». ООО «Научно-издательский центр ИНФРАМ»; Москва, 2019. 304 с.
15. Теория и практика UML. Диаграмма деятельности [Электронный ресурс]. URL: http://www.it-gost.ru/articles/view_articles/96 (дата обращения: 12.09.2021).
16. A Guide to the Entity Relationship Diagram (ERD) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.databasestar.com/entity-relationship-diagram/> (дата обращения: 24.08.2021).
17. Axure RP - UX Prototypes, Specifications, and Diagrams [Электронный ресурс]. URL: <https://www.axure.com/> (дата обращения: 19.08.2021).

18. Date C. J. Database Design and Relational Theory: Normal Forms and All That Jazz Paperback, O'Reilly Media, 2019. 472 p.
19. ISO/IEC/IEEE 31320-2:2012 Information technology. Modeling Languages. Part 2: Syntax and Semantics for IDEF1X [Электронный ресурс]. <https://www.iso.org/standard/60614.html> (дата обращения: 14.08.2021).
20. Larry Ulman. PHP and MySQL for Dynamic Web Sites Development, 2017. 704 p.
21. MySQL Technical Specifications [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mysql.com/products/enterprise/techspec.html> (дата обращения: 29.08.2021).
22. PHP Language Specifications [Электронный ресурс]. URL: <https://github.com/php/php-langspeg> (дата обращения: 19.08.2021).

Приложение А
Модель «AS-IS»

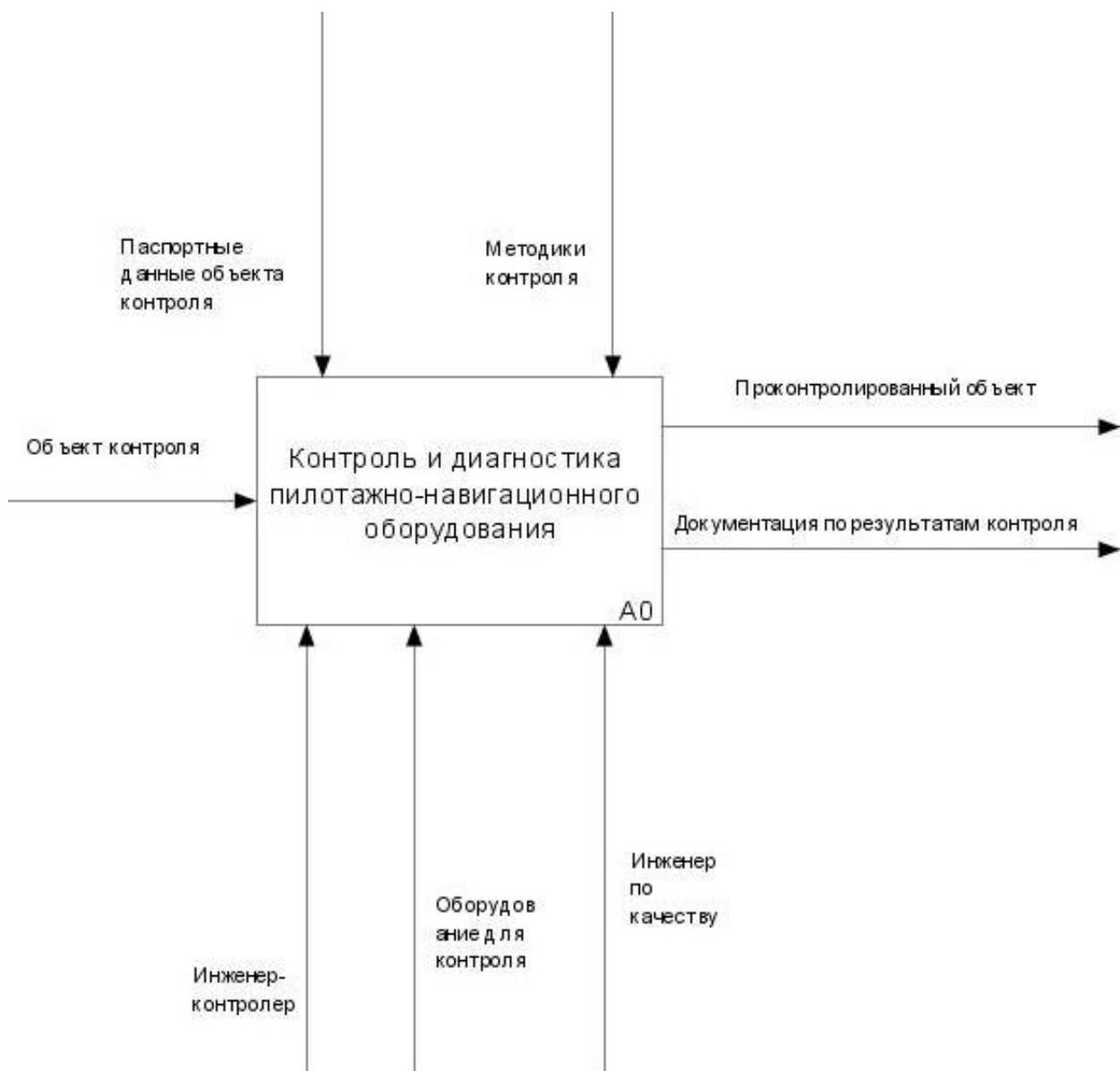


Рисунок А1 – Контекстная диаграмма «AS-IS»

Продолжение приложения А

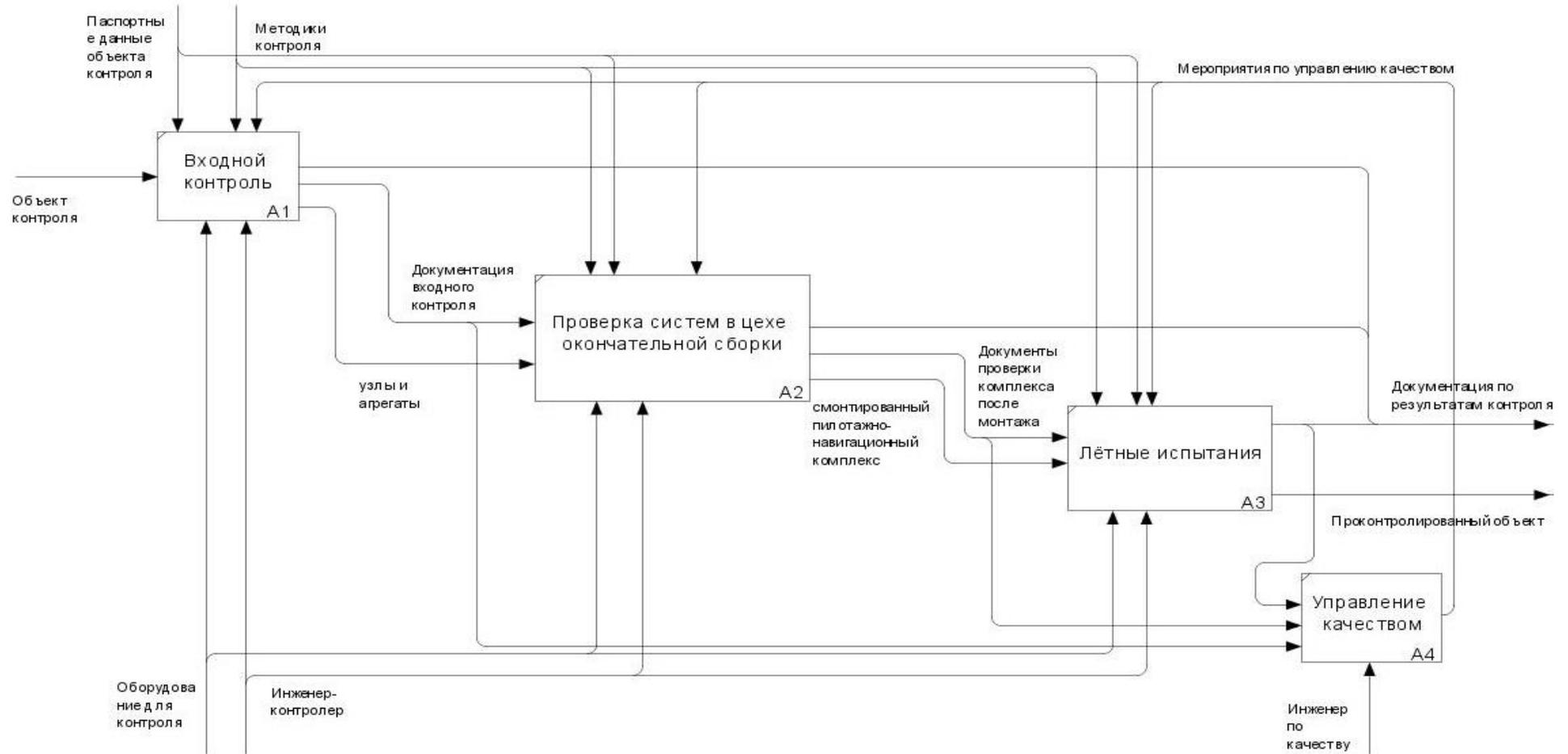


Рисунок А2 – Диаграмма декомпозиции «AS-IS»

Приложение Б
Модель «ТО-ВЕ»



Рисунок Б1 – Контекстная диаграмма «ТО-ВЕ»

Продолжение приложения Б

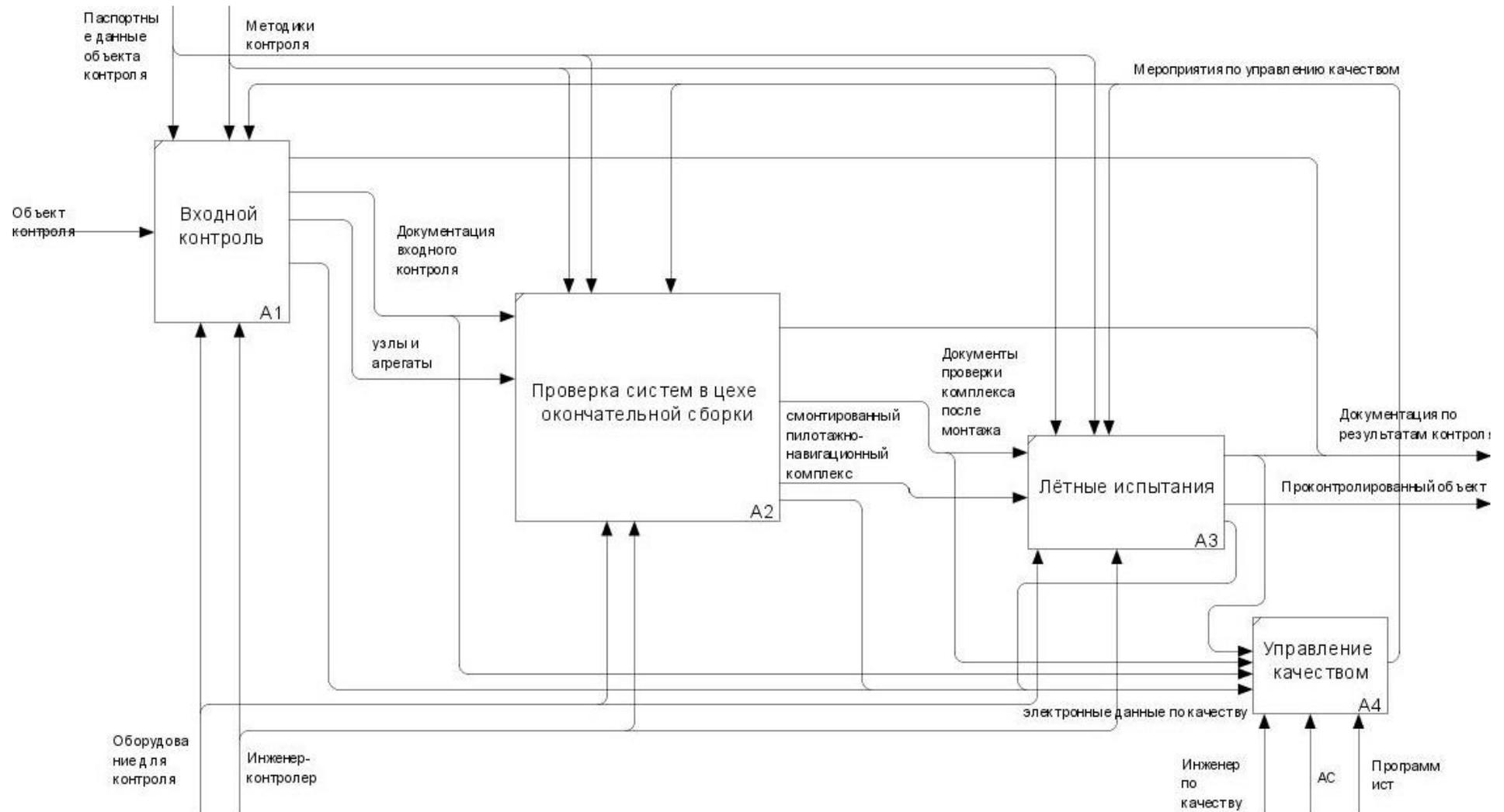


Рисунок Б2 – Диаграмма декомпозиции «ТО-VE»