

На правах рукописи

Жаднов Иван Валерьевич

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ
ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ РЭА

Специальность 05.12.04 Радиотехника, в том числе системы и устройства
радионавигации, радиолокации и телевидения

Автореферат
диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических наук

Москва - 2006

Работа выполнена на кафедре «РТУиС» Московского государственного института электроники и математики (ТУ).

Научный руководитель

к.т.н, доц. Тумковский Сергей Ростиславович

Официальные оппоненты

д.т.н Семин Валерий Григорьевич

к.т.н Андреев Александр Иванович

Ведущая организация

Корпорация тактическое ракетное вооружение

Защита состоится _____ 2006 г. в _____ на заседании Диссертационного совета _____ в Московском государственном институте электроники и математики (ТУ) по адресу:
109028 Москва, Б.Трехсвятительский пер., д. 1-3/12, стр.8, ауд. _____

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Московского государственного института электроники и математики (ТУ).

Автореферат разослан «__»_____ 2006 года.

Ученый секретарь

Диссертационного совета _____

Грачев Н.Н.

Общая характеристика работы

Актуальность работы

В связи с бурным развитием радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), появления нового поколения элементной базы и постоянного ужесточения требований к качеству и надежности, возрастает актуальность проблемы повышения точности оценки показателей надежности РЭА на ранних этапах проектирования. На практике задачу обеспечения показателей надежности РЭА на предприятиях призваны решать службы надежности, основными задачами которых являются:

- Разработка Программы обеспечения надежности при разработке (ПОНр).
- Разработка схемы и модели расчета надежности РЭА.
- Расчет эксплуатационной интенсивности отказов составных частей (СЧ) схемы расчета надежности.
- Контроль за правильностью применения электрорадиоизделий (ЭРИ).
- Расчет надежности РЭА.

Однако, в силу сложившейся экономической ситуации, эти службы либо не имеют в своем штате достаточно квалифицированных специалистов, либо просто отсутствуют. В тоже время к их работе предъявляются все большие требования, поскольку точность проводимого анализа надежности напрямую влияет на экономические факторы производства и эксплуатации проектируемого РЭА.

С другой стороны постоянное обновление номенклатуры ЭРИ, применяемой при проектировании РЭА, ставит проблему оперативного получения данных о коэффициентах и моделях надежности применяемых ЭРИ. Эти данные могут быть получены при сертификации новых типов ЭРИ, в результате которой органы сертификации предоставляют информацию (в т.ч. и по характеристикам надежности). В настоящее время проведение анализа надежности РЭА без учета этих параметров или применение усредненных значений не допустимо, поскольку приводит к не адекватным результатам. Поэтому, полученные в процессе проектирования РЭА параметры модели надежности передаются в отдел надежности для проведения расчета эксплуатационной интенсивности отказов (ЭИО), после чего, при не удовлетворительных результатах, итерация повторяется: вносятся изменения в схему и конструкцию РЭА, и формируются новые исходные данные для проведения повторного анализа надежности.

Наличие всей исходной информации для проведения расчета эксплуатационной интенсивности отказов СЧ и возможности внесения изменений в схему и конструкцию РЭА позволяет сократить количество итераций при обеспечении надежности СЧ РЭА за счет автоматизированного расчета ЭИО разработчиками РЭА. Особо стоит отметить, что отдел

надежности, разработав схему и модель расчета надежности РЭА, формирует требования к надежности СЧ, входящих в состав РЭА и передает их разработчикам, которые разрабатывают СЧ в соответствии с этими требованиями.

Кроме того, необходимость решения задачи обеспечения надежности РЭА отражена и в комплексе стандартов "МОРОЗ-6", в состав которого входит стандарт "Требования к программам обеспечения надежности и стойкости к воздействию ионизирующих и электромагнитных излучений".

Среди мероприятий, предусмотренных в программе обеспечения надежности (ПОН), обязательным является проведение расчетов надежности РЭА (в т. ч. и комплектующих электрорадиоизделий (ЭРИ)) на всех этапах ее проектирования. Для расчета эксплуатационной интенсивности отказов ЭРИ ЦНИИ 22 МО РФ выпускает справочник, который предназначен для обязательного использования во всех организациях и предприятиях изготовителей ЭРИ, предприятиях-разработчиках и изготовителей аппаратуры, приборов, устройств и оборудования военного назначения, независимо от их отраслевой принадлежности и правовых форм собственности, и организаций Министерства обороны Российской Федерации. Зарубежными производителями вместе с ЭРИ поставляется информация о моделях и ее коэффициентах для расчета эксплуатационной интенсивности отказов, которая должна быть использована для анализа надежности ЭРИ.

Существующие сегодня программные средства анализа надежности, используемые на предприятиях не позволяют решать задачу оперативного изменения информации, поскольку основаны на локальных БД, в которых отсутствуют средства автоматизированного обновления данных. Такое положение приводит к необходимости в процессе анализа надежности СЧ, либо использования не специализированного программного обеспечения, либо эти расчеты проводятся в ручную.

В свою очередь, в настоящее время, существует тенденция создания территориально распределенных по стране холдингов. Это делает актуальной задачу создания единой информационной среды обеспечения расчетов надежности. Реализация которой требует использование распределенных БД, что позволит обеспечить обновление параметров надежности с достаточной степенью регулярности, либо по запросу. Использование единой информационной среды обеспечения расчетов надежности сделает доступной информацию о новых характеристиках надежности ЭРИ всем участникам проектирования и обеспечить инженерам-схемотехникам возможность самостоятельно проводить расчет эксплуатационной интенсивности отказов СЧ.

Цель работы

Целью диссертационной работы является формирования единого информационного пространства обеспечения надежности РЭА для повышения качества проектных решений при одновременном снижении временных и материальных затрат.

Для достижения поставленной цели в диссертации поставлены и решены следующие задачи:

1. исследование процесса проведения расчета и обеспечения надежности РЭА с целью выбора пути достижения поставленной цели;
2. разработка метода формирования модели класса ЭРИ;
3. разработка модели класса ЭРИ;
4. управление списком пользователей информационной среды. Разграничение прав доступа к информации, хранящейся в БД;
5. разработка способа кодирования математических моделей эксплуатационной интенсивности отказов;
6. разработка инженерных методик информационной поддержки обеспечения надежности;
7. практическая реализация и внедрение результатов работы.

Учитывая исключительную актуальность работ по разработке и внедрению средств поддержки ИПИ-технологий, методическое обеспечение информационной поддержки расчетов надежности должно быть ориентировано, в первую очередь, на пользователей ПС – инженеров-проектировщиков РЭА, не имеющих специальных знаний ни в области информационных технологий, ни в теории надежности. В этом плане наиболее важными являются следующие аспекты:

1. Полное соответствие требованиям стандартов в области ИПИ-технологий, а именно стандартов, ориентированных на обеспечение PDM-технологии систем хранения и управления данными о надежности ЭРИ и РЭА.
2. Создание конструкторской документации (КД) по расчетам надежности ЭРИ и РЭА в электронном виде.
3. Разработка нормативной базы применения ИПИ-технологий для информационной поддержки расчетов надежности РЭА (стандартов, РД, методических рекомендаций и др.).

Методы исследования

В процессе решения поставленных задач использовались: теория математического моделирования; общая теория систем; теория надёжности; теория вероятностей и

математической статистики; теория структурного анализа; теория принятия решений; методы объектно-ориентированного программирования; методы непрерывной информационной поддержки наукоемких изделий.

Новые научные результаты, заключаются в том, что:

Разработана модель класса ЭРИ, отличающееся от известных тем, что основана на объектном подходе и включает в себя массив аналитических выражений, численные значения коэффициентов и описание параметров.

Разработан метод формирования модели класса ЭРИ

Разработан набор инженерных методик, позволяющий создавать новый класс ЭРИ в едином хранилище характеристик надежности ЭРИ

Разработан комплекс методик расчета надежности составных частей РЭА отличающийся от известных единым для всех пользователей хранилищем характеристик надежности ЭРИ, доступном на всех этапах проектирования, что в свою очередь позволяет уменьшить сроки проектирования за счет создания единого информационного хранилища.

Практическая ценность работы

Разработанный в диссертационной работе комплекс методик, предназначенный для эксплуатации единой информационной среды обеспечения расчетов надежности, и позволяет обновлять параметры надежности ЭРИ с достаточной степенью регулярности. Разработанные программные средства позволяют:

- провести расчеты анализ надежности СЧ, а так же проводить анализ причин, влияющих на их надёжность и, на этой основе, обеспечивать требуемый уровень надёжности РЭС уже на ранних этапах ее проектирования.
- Непрерывно эксплуатировать Систему анализа надежности СЧ за счет оперативного добавления новых математических моделей эксплуатационной интенсивности отказов путем автоматизированного изменения ее распределенной БД и интерфейса пользователя.

Реализация и внедрение результатов работы. Основные результаты работы внедрены в практику проектирования следующих предприятий: ЦКБ «Алмаз» (г. Москва), ЦКБ «Геофизика» (г. Москва), ЦНИИ «Гранит» (г. Ленинград), ЦНИИ «Циклон», (г. Москва), ЦНИИАГ (г. Москва), ВНИИРТ (г. Москва), НИИПМ (НПО «Ротор», г. Москва), НИИРК (НПО «Система», г. Москва), НИИРП (г. Москва), МНИИРИП (г. Мытищи), ДНИИРА (ПО «Азимут», г. Махачкала), ПО «Прожектор» (г. Москва), Севастопольский приборостроительный завод им. В.И. Ленина (г. Севастополь), ИП ММС НАН Украины (г.

Киев), ФГУП «НИИ «Автоэлектроника» (г. Москва), ФГУП «МНИРТИ» (г. Москва), ФГУП «НИИ ТП» (г. Москва), ФГУП «НИИ АА им. акад. В.С. Семенихина» (г. Москва), ФГУП «КБ «Аметист» (г. Москва), ФГУП «НИИ ИТ» (г. Москва), ОАО «РИРВ» (г. С-Петербург), ОАО «УПКБ «Деталь» (ОАО «Концерн «Тактическое ракетное вооружение», г. Каменск-Уральский), ФНПЦ «РПКБ» (г. Раменское), ФНТЦ «Модуль» (г. Москва), ГУДП «КБ ИГАС «Волна» (г. Москва), ДООО «ОКБ «ИРЗ» (г. Ижевск). Результаты работы также внедрены в учебный процесс вузов: МИЭМ (г. Москва), НТУУ «КПИ» (г. Киев), ЗНТУ (г. Запорожье), КГТУ (г. Красноярск), КГТА (г. Ковров) и учебно-консультационного центра ОАО «РОДНИК СОФТ» (г. Москва).

Апробация результатов работы. Работа в целом и ее отдельные результаты докладывались и обсуждались на 22 российских и 7 международных конференциях.

Публикации. По теме диссертации опубликована монография, учебное пособие, 23 статьи и 12 тезисов докладов.

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав с выводами, заключения, списка литературы и приложений, включающих в себя акты внедрения, эксплуатационную документацию на программный комплекс АСОНИКА-К, примеры расчета с помощью программного комплекса.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе проведен анализ информационных потоков, циркулирующих в процессе проектирования РЭА и информации, необходимой для расчетов эксплуатационной интенсивности отказов ЭРИ. Информацией для анализа послужили данные, приведенные в руководящих документах, таких как Справочник «Надежность ЭРИ» (Россия), MIL HDBK-217 (США), TR 322 – Bellcore Issue 6, SR 322 – Telcordia 2001, RDF 95 – French Telecom (Франция), UTEC 80810 (CNET 2000), HRD – British Telecom (Великобритания), GJB 299 – Chinese Standard (Китай), IRPH 93 – Italtel (Италия), ALCATEL, RADC 85-91, NPRD – 95, NSWC – 98. На основе анализа построена классификация информационной составляющей процесса проектирования в части обеспечения расчетов надежности ЭРИ, которая включает:

- математические модели эксплуатационной интенсивности отказов, которые представлены в аналитическом виде и содержащие арифметические действия и элементарные функции, такие как экспонента, показательная функция и т.п.;

- переменные характеризующие режимы работы ЭРИ в аппаратуре и их предельно-допустимые значения. К ним относятся такие параметры, как напряжение, мощность, температура и т.д.;
- коэффициенты математических моделей эксплуатационной интенсивности отказов;
- параметры математических моделей эксплуатационной интенсивности отказов;
- параметры представляют собой аналитические выражения, которые могут содержать арифметические действия и элементарные функции, такие как экспонента, показательная функция и т.п.

Например, для резисторов группа «Резисторы постоянные не проволочные» подгруппа «Металлодиэлектрические кроме прецизионных» математическая модель эксплуатационной интенсивности отказов имеет вид:

$$\lambda_3 = \lambda'_0 * K_{np} * K_p * K_s * K_R * K_M * K_{смаб} \quad (1)$$

К коэффициентам математической модели относится λ'_0 , которая представляет собой постоянную величину.

Коэффициент режима K_p относится к параметрам математической модели и описывается следующей формулой:

$$K_p = A * e^{B \left(\frac{t+273}{N_t} \right)^G} * e^{\left[\frac{P/P_n * (t+273)}{N_s} \right]^H} \quad (2)$$

Коэффициенты A, B, N_t, N_s, H, G – представляют собой постоянные величины.

Переменными в формуле 2 являются P, P_n, t .

Стоит отметить, что P_n относится к переменным поскольку типонаминалы резисторов выпускаются с различной номинальной мощностью согласно установленным рядам.

В главе показано, что информацию о характеристиках надежности любого класса ЭРИ можно представить в виде объекта с функциями, процедурами и атрибутами. Из приведенного примера видно, что класс ЭРИ «Резисторы» можно представить в виде объекта при этом к функциям относятся математические модели (1) и (2), к атрибутам все коэффициенты, а к процедурам определение параметров математической модели пользователем.

Одной из особенностей информации о характеристиках надежности является ее регулярное обновление. Так, согласно РД В 319.01.20-98, Справочник «Надежность ЭРИ» переиздается каждые два года. Что касается национальных стандартов других стран, то они также регулярно обновляются. Что создает сложность оперативного доступа к актуальной информации и требует значительных временных затрат на ее изменение.



Рис.1. Схема информационных потоков формирования данных о характеристиках надежности ЭРИ

В главе рассматривается схема информационных потоков, приведенная на рис. 1. Она носит устоявшийся характер и не ориентирована на регулярное обновление данных, так как, в ней отсутствует обратная связь между предприятиями-разработчиками аппаратуры, у которых возникает необходимость применения новых типов ЭРИ, и органом формирующим информацию для расчета эксплуатационной интенсивности отказов ЭРИ, на сегодня это ЦНИИИ 22 МО РФ. Отсутствие обратной связи ставит проблему формирования информации по надежности ЭРИ согласно реалиям настоящего времени, а именно в распространяемых данных по надежности ЭРИ порой отсутствует информацию по типам ЭРИ, которые применяются при проектировании.

В главе рассмотрена существующая в настоящее время схема информационной поддержки расчетов надежности РЭА представленная на рис. 2.



Рис. 2. Организация информационной поддержки характеристик надежности ЭРИ

Как видно из схемы, информационный поток в ней носит односторонний характер, а элементы разрознены. Так «Автоматизированная система расчета эксплуатационной интенсивности отказов ЭРИ» позволяет рассчитывать эксплуатационную интенсивность отказов ЭРИ, и интенсивность отказов составных частей РЭА. В системе содержится информация о характеристиках надежности отечественных ЭРИ и их зарубежных аналогах.

Постоянное обновление номенклатуры ЭРИ требует не просто пополнение базы данных новыми данными, но и изменение модели класса ЭРИ, что влечет за собой

необходимость внесения изменений в ПО. Однако, АСРН не позволяет обновлять информацию о надежности ЭРИ, изменять модель класса, и формировать запросы о необходимости в сертификации тех или иных ЭРИ, а отсутствие единого хранилища создает трудности в синхронизации данных о надежности ЭРИ.

В работе проведен анализ современных методов проектирования баз данных, который показал, что они достаточно хорошо развиты и реализованы в современных CASE-системах, и позволяют перейти от модели предметной области к ее реляционному представлению. Однако необходимо создание методики применения CASE средств, для создания модели объекта класса ЭРИ.

В главе проведен обзор современных СУБД, в котором отражены аспекты позволяющие создать единое информационное хранилище.

На основе проведенных исследований в главе делается вывод, что только создание единого информационного хранилища наряду с современными системами управления базами данных могут полностью отвечать требованиям современных стандартов в области ИТ и CALS-технологий, а так же сформулирована цель и поставлены задачи диссертационной работы.

Во второй главе разработан метод формирования модели класса ЭРИ по характеристикам надежности. На основе анализа информационных потоков, проведенного в первой главе, сформулированы требования к модели класса ЭРИ, к которым относятся:

- Формируемая модель, класса ЭРИ, должна отвечать требованиям объектно ориентированного подхода (ООП), что позволяет унифицировать модели различных классов ЭРИ, установить рациональный порядок их построения и начинать не с "нуля", а с некоторого исходного "каркаса". Модель должна отвечать основополагающим принципам ООП – наследование, инкапсуляция и полиморфизм.
- Концептуальная модель, должна строиться путем формализации характерных для класса ЭРИ содержательных понятий и связывания их набором отношений в единое целое.
- Данные входящие в состав модели должны быть представлены в виде реляционной модели.

Метод построен на итерационном анализе множества показателей надежности класса ЭРИ. Любой элемент, входящий в состав этого множества, должен относиться либо к математической модели, либо нести вспомогательную информационную составляющую. Для каждого элемента множества определяется подмножество, к которому относится данный элемент, а именно:

- «подмножество основных значений», в котором содержатся значения коэффициентов, приводимых на ЭРИ (например, базовая интенсивность отказов, время хранения, гамма процентный ресурс, и др.);
- «подмножество групповых значений» в которых содержится информация приведенная на группу или подгруппу ЭРИ (например, параметры формулы (2) A, B, N_t, N_s, H);
- «подмножество дополнительных параметров», в котором содержатся дополнительная информация (например, список видов корпусов ИС, список технологий для изготовления наборов резисторов и т.д.);
- «подмножество общих значений» в котором содержатся значения параметров математической модели, приведенных на объект в целом, значения которых зависят от дополнительных параметров (например, значение коэффициента зависящего от вида корпуса, список групп аппаратуры по ГОСТ В 20.39.302-98 и т.д.);
- «подмножество групповых значений зависящих от дополнительными параметрами» в котором содержатся значения параметров математической модели, приведенные на группу или подгруппу ЭРИ, значения которых зависят от дополнительных параметров (например, значение коэффициента жесткости условий эксплуатации, значения которого приведены для разных групп ЭРИ).

Такая классификация позволяет представить концептуальную модель информации о характеристиках надежности ЭРИ, комплектующих радиоэлектронной аппаратуры в виде:

$$S = \langle X, Y, C, V, B, M \rangle, \quad (3)$$

где:

X - матрица элементов составляющих подмножество основных значений,

Y - матрица элементов составляющих подмножество групповых значений,

C - матрица элементов составляющих подмножество дополнительных параметров,

V - матрица элементов составляющих подмножество общих значений,

B - матрица групповых значений зависящих от дополнительных параметров,

M - матрица математических моделей.

Формирование матриц X, Y, C, V, B, M осуществляется путем применения функций классификации к исходному множеству A , то есть для матрицы X выражение можно записать так:

$$X = F_1(A),$$

где:

A - исходное множество параметров надежности класса ЭРИ;

F_1 - функция классификации основных значений основных значений (коэффициентов, приводимых на ЭРИ).

Функция классификации представляет собой булеву функцию и позволяет осуществить классификацию элемента A_{ij} исходного множества на выше приведенные подмножества на основе классификационных признаков, в частности для подмножества основных значений, классификационным признаком является: наличие значения коэффициента для каждого ЭРИ класса. А для подмножества групповых значений зависящих от дополнительных параметров, к классификационным признакам относятся:

- значение коэффициента внутри группы или подгруппы является константой;
- существует дополнительный критерий для определения значения внутри группы или подгруппы;
- для каждой подгруппы приведено более одного значения коэффициента.

Для каждого ЭРИ приводится два типа математических моделей, первый – для расчета λ , на основе усредненных средне-групповых значений, а второй – на основе базовой интенсивности отказов, поэтому выражение для формирования матрицы M , можно записать следующим образом:

$$m_{ij} = \sum_{i=7}^{10} F_i(A),$$

где:

F_7 - функция классификации математических моделей эксплуатационной интенсивности отказов,

F_8 - функция классификации математических моделей средне-групповой эксплуатационной интенсивности отказов,

F_9 - Функция классификации математических моделей эксплуатационной интенсивности отказов в режиме ожидания (хранения),

F_{10} - Функция классификации математических моделей средне-групповой эксплуатационной интенсивности отказов в режиме ожидания (хранения)

Такое представление модели класса ЭРИ позволило применить реляционную модель хранения информации для проведения расчетов надежности ЭРИ.

Представление математических моделей интенсивности отказов ЭРИ в реляционной форме потребовало разработки метода, который позволяет описывать эти модели в виде цифрового кода.

Основной задачей метода является создание кода, описывающего: различные математические функции; константы; ссылки на другие формулы, переменные, знаки, скобки. Схема метода приведена на рис 3.

Метод основан на информации о виде математических моделей, их коэффициентах, а так же списке групп (подгрупп), что позволяет сформировать следующую классификацию адресных пространств:

- пространство числовых коэффициентов;
- пространство числовых значений;
- пространство коэффициентов модели;
- пространство математических знаков и функций, данное поле не предназначено для модификации;
- пространство интерфейса;
- пространство мм вспомогательных коэффициентов.

Адресное пространство числовых коэффициентов формируется из списка коэффициентов на основе подмножеств модели класса. Для каждой математической модели группы ЭРИ определяется список используемых коэффициентов, а разработанная адресация позволяет при проведении расчета ММ однозначно определить значения коэффициентов.

Математическая модель, формируемая для каждого элемента из списка групп (подгрупп) ЭРИ в виде цифрового кода. ММ представляет собой последовательность адресов и позволяет описать как коэффициенты модели, так и математические функции и константы на основе адресных пространств.

Метод позволяет производить подстановку результатов расчета ММ вспомогательных коэффициентов.

В свою очередь формирование адресного поля результатов расчета основано на пространстве ММ вспомогательных коэффициентов, Адресное пространство результатов расчета, позволяет получить в качестве результата не только ЭИО, но и расчетные значения промежуточных коэффициентов.

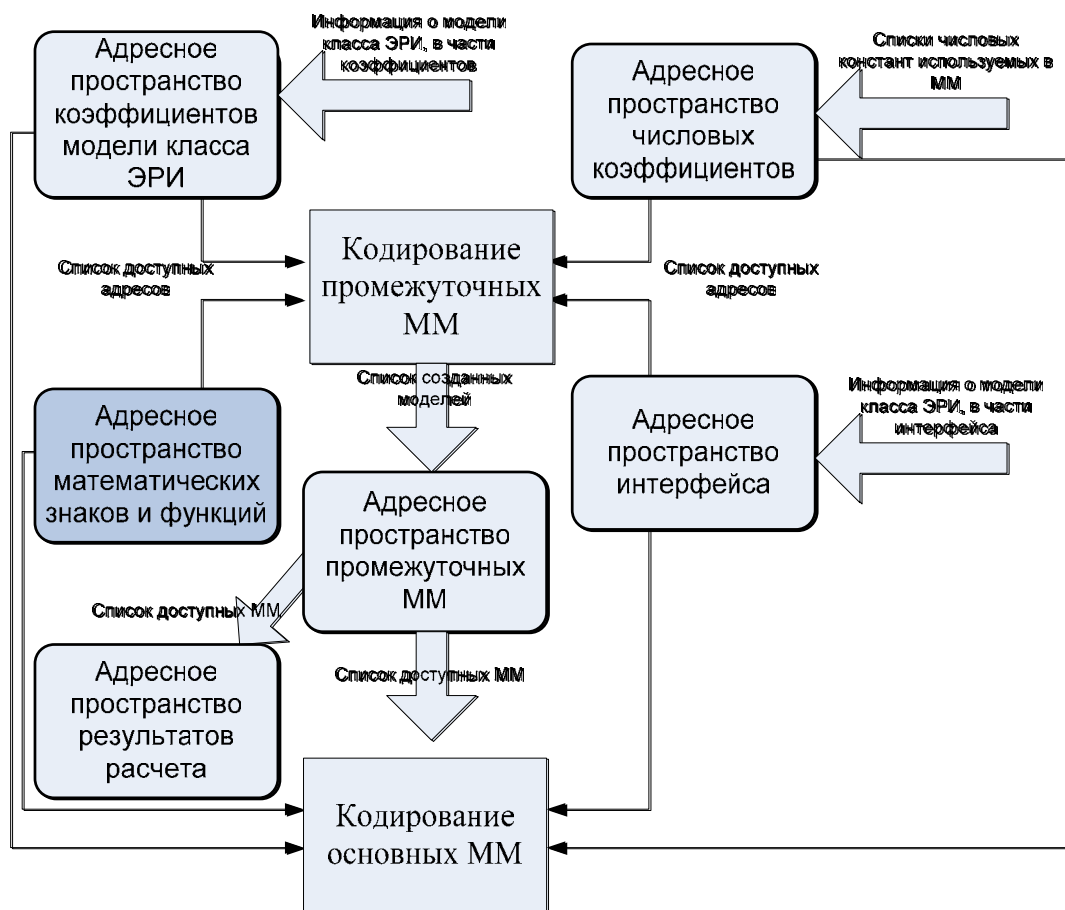


Рис. 3. Схема метода формирования цифрового кода ММ ЭИО

В третьей главе представлены результаты разработки системы в виде программного средства информационной поддержки расчетов надежности ЭРИ и составных частей РЭА, основанного на разработанных в главе 2 моделях и методах. В главе сформулированы основные функциональные требования к системе. К ним относится необходимость проведения:

- расчёта полной номенклатуры показателей безотказности восстанавливаемых и невосстанавливаемых изделий;
- расчёта показателей сохраняемости изделий, в состав которых входят ЭРИ отечественного и зарубежного производства;
- расчёта надежности изделий на основе данных, приведённых в различных национальных стандартах, например отечественный стандарт «Надёжность ЭРИ» (редакция. 2004 г.), «Надёжность зарубежных аналогов» (редакция 2004 г.), и американский стандарт *MIL-HDBK-217*;
- расчёта эксплуатационной интенсивности отказов ЭРИ с учётом механических режимов работы (воздействий вибрации, ударов и др.);

Кроме того, к системе сформулированы следующие технологические требования:

- обеспечения обновления параметров надежности с достаточной степенью регулярности;
- автоматизация обратной связи для формирования информации по надежности ЭРИ согласно реалиям настоящего времени, а именно для данных по надежности ЭРИ по типам ЭРИ, которые применяются при проектировании;
- создания и ведения архива проектов и использование этих проектов (частично или полностью) для вновь создаваемых или модифицируемых изделий;
- импорт данных из промышленных отечественных и зарубежных *CAD*- и *CAE*-систем (*PCAD*, ТРиАНА и др.) и экспорт данных в программные средства автоматизированного выпуска карт рабочих режимов как непосредственно, так и в рамках *PDM*-систем.

На основе анализа проведенного в главе 1, в диссертации обоснована клиент-серверная архитектура системы, приведенная на рис. 4.

Применение клиент-серверной архитектуры диктуется необходимостью многопользовательского режима работы территориально распределенных пользователей в едином информационном пространстве, что в свою очередь позволяет предоставить информацию о сертифицированных ЭРИ всему сообществу разработчиков, а так же предоставить разработчикам средство анализа надежности составных частей РЭА.

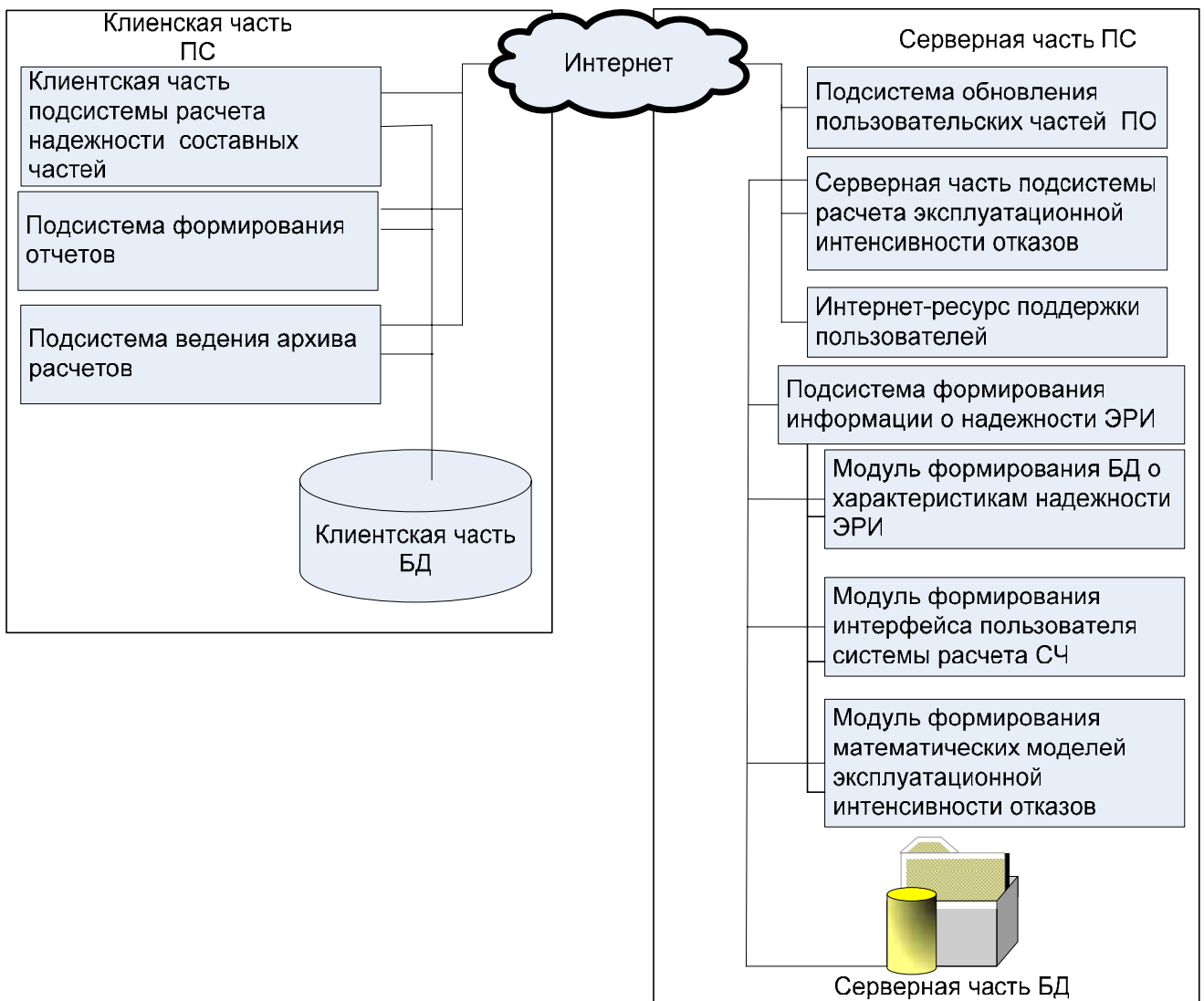


Рис. 4. Клиент-серверная архитектура «Системы расчета надежности СЧ»

Подсистема расчета надежности составных частей разделена на клиентскую и серверную часть. Клиентская часть подсистемы предназначена для инженеров-схемотехников не имеющих специальных знаний в области надежности и позволяет:

- формировать исходные данные для проведения расчета ЭИО, используя интерфейс связи с программными средствами моделирования тепловых, механических и электрических процессов (АСОНИКА-Т/ТМ, ПК ТРиАНА, АСОНИКА-Э);
- проводить анализ результатов расчета, и автоматизировано формировать рекомендации для достижения заданного уровня надежности;
- проводить расчет показателей надежности СЧ для последовательного соединения элементов и различных видов общего резервирования.

Серверная часть подсистемы позволяет на основе моделей классов ЭРИ и исходной информации подготовленной в клиентской части подсистемы провести расчет надежности ЭРИ.

Такое разделение подсистемы позволило обеспечить всех инженеров проектировщиков простым и удобным средством анализа надежности составных частей РЭА, ускорить процесс расчета надежности за счет сокращения количества итераций между отделом надежности и инженерами разработчиками. Использование централизованного сервера позволяет обеспечить контроль за проведением расчетов на необходимом уровне.

Подсистема формирования отчетов формирует отчеты согласно отраслевым стандартам. Она отнесена к клиентской части системы, так как может быть использована автономно. Однако, в связи с постоянным обновлением форм представления отчетов и списка вспомогательных и списка вспомогательных коэффициентов, являющихся результатами расчетов, необходимо проводить ее регулярное обновление, которое обеспечивается за счет использования «Подсистемы обновления пользовательских частей ПО».

Подсистема ведения архива предназначена для хранения информации о проведенных расчетах, а так же позволяет использовать имеющуюся информацию для анализа надежности аналогичных СЧ.

Подсистема обновления пользовательских частей ПС предназначена для автоматического обновления с сервера клиентских подсистем.

Интернет-ресурс системы позволяет реализовать обратную связь между предприятиями-разработчиками аппаратуры и органом формирующим информацию для расчета эксплуатационной интенсивности отказов ЭРИ.

Разработанный в главе 2 метод формирования модели класса ЭРИ о характеристиках надежности ЭРИ и метод кодирования математических моделей ЭИО реализованы в «Подсистеме формирования информации о надежности ЭРИ», в состав которой вошли три основных модуля:

- модуль формирования БД характеристик надежности ЭРИ? предназначенный для добавления и изменения списка новых справочников по надежности, классов ЭРИ, значений коэффициентов математических моделей, списков типономиналов и т.д. Модуль позволяет реализовать функции просмотра, корректировки, удаления и добавления информации в базе данных и проводить идентификацию параметров функции распределения времени наработки до отказа;
- модуль кодирования математических моделей эксплуатационной интенсивности отказов основанный на методе представления математических моделей интенсивности отказов ЭРИ в реляционной форме. Обеспечивает эффективное управление аналитическими моделями ЭИО, а так же защиту от ввода в систему некорректных моделей и контроль внесенных изменений с возможностью возврата к ранее созданным версиям;

- модуль модификации интерфейса пользователя обеспечивает возможность изменения функциональности интерфейса пользователя при добавлении новых моделей и изменении списка дополнительных, справочных параметров клиентского модуля «Подсистемы расчета надежности СЧ» за счет: функции изменения последовательности ввода данных для каждого класса ЭРИ; функции изменения последовательности вывода данных пользователю; функции автоматической генерации инструкции для клиентской части системы для реализации которой был специально разработанный макроязык, использование которого позволяет модернизировать диалоги без изменений программного кода.;

Программная реализация «Системы расчета надежности СЧ» в целом, была выполнена на объектно-ориентированном языке C++ (Borland Builder).

Проведенный в главе анализ инструментальных средств позволил обоснованно выбрать платформу объектно-ориентированного языка C++ (Borland Builder) для выполнения программной реализации «Системы расчета надежности СЧ».

В **четвертой** главе диссертационной работы представлены результаты разработки методического обеспечения «Системы расчета надежности СЧ» программного комплекса АСОНИКА-К, которое включает:

- методику создания логической и физической модели БД нового класса ЭРИ, которая основана на использовании «Модуля формирования БД по характеристикам надежности ЭРИ» и предназначена для изменения этих моделей, например, при выходе новой редакции национального стандарта;
- методику модификации математических моделей эксплуатационной интенсивности отказов, которая основана на использовании «Модуля формирования математических моделей эксплуатационной интенсивности отказов» и предназначена для кодирования математических моделей эксплуатационной интенсивности отказов, формирования списка параметров, вводимых пользователем и списка параметров, которые нужно получить в результате расчета;
- методику сопровождения интерфейса пользователя, которая основана на использовании «Модуля формирования интерфейса пользователя». Методика предназначена для изменения списка диалоговых окон клиентской части «Подсистемы расчета надежности СЧ» для каждого класса ЭРИ, изменения порядка вывода диалоговых окон на экран, изменения дизайна диалоговых окон; определения номеров запросов на получение данных из центральной БД и определения номеров параметров, под которыми будут сохранены введенные значения.

Схема применения данных методик в процессе эксплуатации системы приведена на рис. 5.

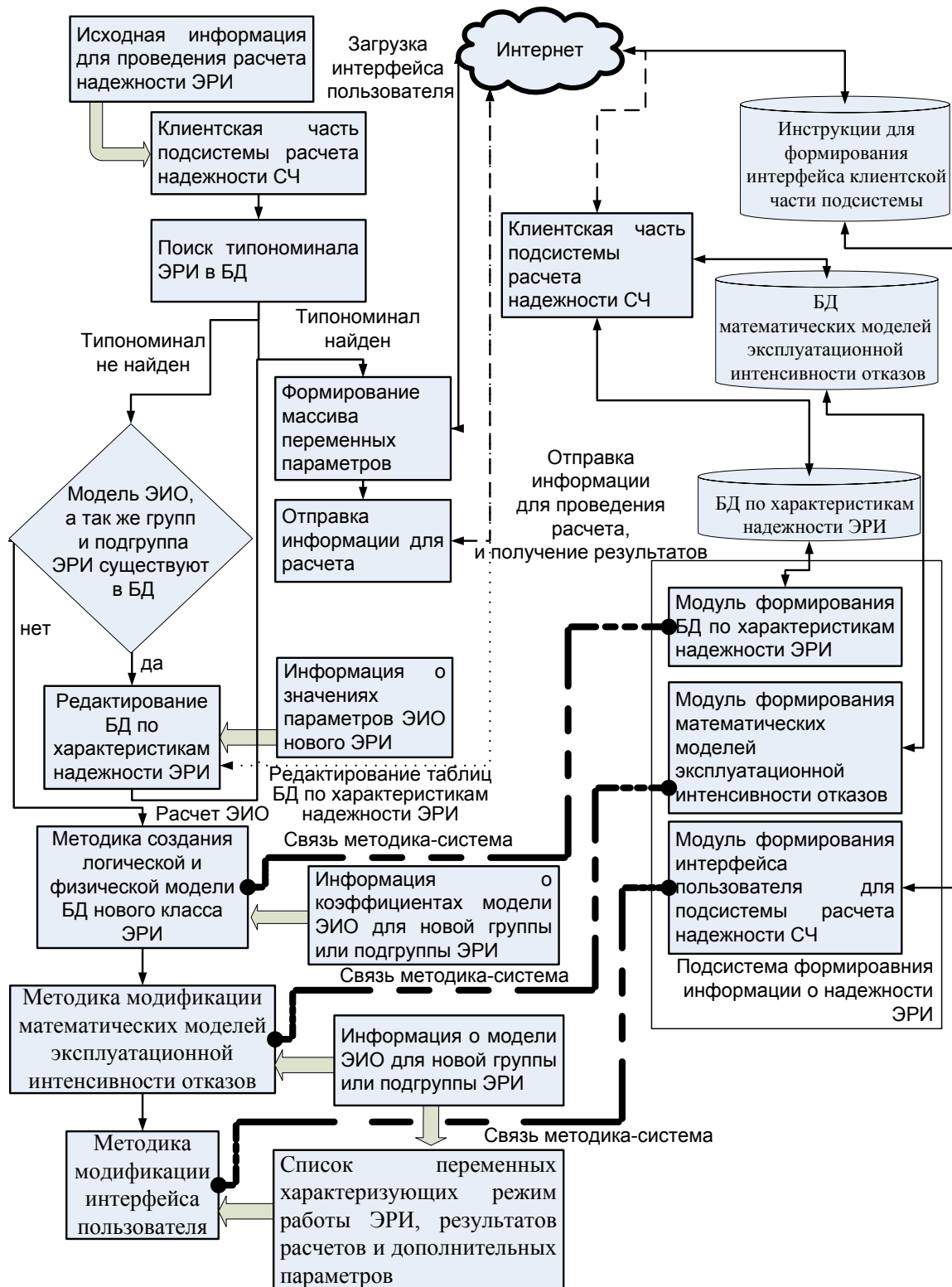


Рис. 5. Схема применения инженерных методик в процессе эксплуатации «Системы расчета надежности СЧ»

Разработанные методики сопровождения системы, а так же анализ информационных потоков процесса проектирования РЭА позволили создать методику расчета надежности ЭРИ и составных частей РЭА, основными этапами которой являются:

Первый этап: Подготовка исходных данных для проведения расчета. Исходными данными для анализа надежности ЭРИ являются электрические, механические и тепловые нагрузки на ЭРИ, списки типономиналов, а так же ряд других показателей. Исходная информация может быть представлена в виде файлов с результатами моделирования в различных САПР, или в другой форме, например, если проводились экспериментальные исследования каких либо показателей, результаты могут быть приведены в отчете на бумажном носителе.

К исходной информации относятся и требования к надежности СЧ, что позволяет контролировать надежность СЧ РЭА непосредственно в ходе проведения расчета.

Второй этап: Ввод информации для анализа надежности ЭРИ в систему.

Ввод информации должен начинаться с ввода типономинала ЭРИ, что однозначно определяет вид математической модели ЭИО, после чего определяются все остальные коэффициенты и параметры ММ ЭИО, список которых для ММ однозначно определен в системе. На основе введенной информации и данных, хранящихся в БД системы, производится расчет ЭИО.

При проведении расчета в БД системы может отсутствовать тот или иной типономинал ЭРИ, что не позволяет провести расчет данного ЭРИ, а значит и СЧ РЭА в целом. В этом случае проведение расчета возможно по среднегрупповым значениям, для чего вручную вводится отсутствующий типономинал, определяются его класс, группа и подгруппа, а так же необходимые параметры математической модели ЭИО. Однако точность проведения такого расчета будет ниже.

При необходимости проведения расчета надежности с использованием λ_0 в отсутствие типономинала в БД системы, используется «интернет-ресурс поддержки пользователей» где формируется заявка на сертификацию. После поступления такой заявки в систему и обновления БД и ПО, информация о надежности нового ЭРИ будет доступна всем пользователям системы.

Третий этап: Расчет надежности СЧ. Показатели надежности СЧ РЭА определяется на основе характеристик надежности ЭРИ входящих в состав СЧ и пересчитывается каждый раз при изменении списка ЭРИ, что дает возможность следить за уровнем надежности СЧ при проведении расчета, за счет сравнения уровня надежности СЧ и требуемого в ТЗ.

Разработанная методика предназначена для инженеров проектировщиков и позволяет проводить расчеты надежности СЧ без привлечения специалистов отделов надежности.

В главе показано, что применение «Системы расчета надежности СЧ» в комплексе с подсистемой АСОНИКА-Т/ТМ (ПК ТРиАНА) позволяет существенно повысить точность расчетной оценки надежности электронных модулей (СЧ) без увеличения трудоемкости расчета за счет использования разработанного и встроенного в «Систему расчета надежности СЧ» модуля связи.

Разработанное методическое обеспечение позволяет реализовать информационную поддержку расчетов характеристик надежности ЭРИ. Для подтверждения эффективности разработанных методов и программных средств был проведен расчет эксплуатационной интенсивности отказов модуля усиления мощности. При проведении расчетов на основе методического обеспечения были выполнены все необходимые процедуры, связанные с добавлением данных о характеристиках надежности для новых типономиналов ЭРИ зарубежного производства. При этом новые данные стали доступны пользователям ПК АСОНИКА-К.

Практическое использование «Системы расчета надежности СЧ» при проведении расчетов подтвердило возможность существенного снижения трудоемкости, особенно для электронных модулей, содержащих большое количество ЭРИ зарубежного производства, при одновременном повышении достоверности используемой информации. И позволило сократить время расчета на 30-40% по сравнению с широко распространенной отечественной системой АСРН.

В главе так же приведены результаты внедрения результатов работы в работу промышленных предприятиях, а также в учебный процесс вузов

В **заключении** сделаны выводы, относящиеся ко всей диссертационной работе в целом.

В **приложении** внешний вид программных интерфейсов и акты опытных испытаний системы.

Основные результаты работы

1. Проведено исследование процесса проведения расчета и обеспечения надежности РЭА. Проведена классификация информационной составляющей процесса проектирования в части обеспечения расчетов надежности ЭРИ, позволившая формализовать информационные потоки и выявить отсутствие информационного потока обратной связи между предприятиями-разработчиками аппаратуры и органом формирующим информацию для расчета эксплуатационной интенсивности отказов ЭРИ.
2. Разработан метод формирования модели класса ЭРИ по характеристикам надежности ЭРИ, использование которого позволяет автоматизировать процесс обновления базы данных по характеристикам надежности ЭРИ. В рамках метода предложена модель класса ЭРИ, которая позволяет представить информацию о надежности ЭРИ в виде объектно-ориентированного класса. Разработанная модель класса ЭРИ и сформированная на ее основе база данных позволяют сократить сроки обновления информации о надежности ЭРИ и снизить временные затраты на проведение расчетов за счет автоматизации процесса обновления данных о надежности ЭРИ и создания централизованного хранилища информации.
3. Разработана структура «Системы расчета надежности СЧ», построенная на основе архитектуры клиент-сервер, предложенный состав системы позволят автоматизировать процесс обновления математических моделей, значений коэффициентов и интерфейсов пользователя. Клиент-серверная архитектура позволяет централизованно обновлять информацию о надежности ЭРИ для пользователей системы. Разработанные инженерные методики информационной поддержки расчетов надежности, предназначены для сопровождения системы и позволяют проводить кодирование математических моделей эксплуатационной интенсивности отказов, изменять модели БД классов ЭРИ, сопровождения интерфейс пользователя. Разработана методика расчета надежности ЭРИ и составных частей РЭА позволяющая проводить расчет надежности современной РЭА, использование обратной связи между пользователем системы и сертификационным органом позволяет используя «интернет-ресурс поддержки пользователей» сформировать заявку на сертификацию ЭРИ, а в последствии применить этот ЭРИ в расчете надежности РЭА.

4. Выполнены экспериментальные исследования, подтвердившие адекватность разработанных в диссертационной работе моделей, методов, программного и методического обеспечения.
5. Результаты диссертационной работы внедрены в практику проектирования РЭА на предприятиях и в учебный процесс ряда ВУЗов. Подтверждена эффективность их применения в практике проектирования РЭА.

Публикации по теме диссертации.

1. **Жаднов И.В.**, Игнатовский А.Н. Разработка информационной среды для поддержки моделирования РЭА на ранних этапах проектирования. // Федеральная итоговая научно-техническая конференция «Всероссийского конкурса на лучшие научные работы студентов по естественным, техническим наукам (в области высоких технологий) и инновационным научно-образовательным проектам»: Материалы итоговой конференции. – М.: МИЭМ, 2004. – с. 75-76.
2. **Жаднов И.В.** АСОНИКА-К – программный комплекс анализа и обеспечения надежности. // Надежность: Научно-технический журнал. № 3 (10), 2004. – с. 5-12.
3. **Жаднов И.В.**, Игнатовский А.Н., Полесский С.Н. и др. Программный комплекс анализа и обеспечения надежности АСОНИКА-К. / Науч. рук. Жаднов В.В. // Всероссийская выставка научно-технического творчества молодежи НТТМ-2004: Сборник материалов - М.: ОАО «ГАО «ВВЦ», 2004. – с. 89-91.
4. **Жаднов И.В.**, Игнатовский А.Н., Полесский С.Н. и др. Программный комплекс анализа и обеспечения надежности АСОНИКА-К. / Науч. рук. Жаднов В.В. // Всероссийская выставка научно-технического творчества молодежи НТТМ-2004: Официальный каталог - М.: ОАО «ГАО «ВВЦ», 2004. – с. 46.
5. Жаднов В.В., **Жаднов И.В.**, Игнатовский А.Н. и др. Информационная поддержка моделирования РЭА на ранних этапах проектирования. // Надёжность и качество: Труды Международного симпозиума в 2-х ч. Ч. 1. / Под. ред. Н.К. Юркова - Пенза: Изд-во Пенз. гос. техн. ун-та, 2004. – с. 186-188.
6. **Жаднов И.В.**, Лазарев Д.В., Полесский С.Н. и др. Программное средство для анализа характеристик надежности РЭА при проектировании. // Методы и средства измерительно-информационных технологий: Аннотации докладов Московской молодежной научно-технической конференции – М.: ЗАО «РТСофт», 2004. – с. 48.
7. **Жаднов И.В.**, Полесский С.Н. Разработка принципов информационной поддержки расчетов надежности РЭА на базе ИПИ(CALS)-технологий. // Новые информационные технологии: Тезисы докладов XVII Международной студенческой школы-семинара – М.: МИЭМ, 2004. – с. 375.
8. **Жаднов И.В.** Лазарев Д.В., Полесский С.Н. и др. Визуальная среда обеспечения расчета надежности аппаратуры при проектировании. // Технологии *Microsoft* в теории и практике программирования: Тезисы конференции студентов, аспирантов и молодых ученых / Сост. Б.И. Березин, С.Б. Березин – М.: Издательский отдел факультета ВМиК МГУ им. М.В. Ломоносова, 2004. - с 17-18.
9. **Жаднов И.В.** Визуальная среда обеспечения надежности РЭА при проектировании. // Научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых специалистов МИЭМ: Тезисы докладов. – М.: МИЭМ, 2004. – с. 198-199.
10. Жаднов В.В., **Жаднов И.В.**, Пращикин С.А. Визуальная среда обеспечения надежности и качества радиоэлектронной аппаратуры при проектировании (программный комплекс АСОНИКА-К). // Новые информационные технологии: Материалы седьмого научно-практического семинара. / Под ред. Солодовникова В.В. – М.: МИЭМ, 2004. – с. 106-109.
11. Жаднов В.В., **Жаднов И.В.**, Замараев С.П. и др. Интеграция программного комплекса АСОНИКА-К в CALS-технологии проектирования аппаратуры. // Электромагнитная совместимость и проектирование электронных средств: Сб. научных трудов. / Под ред. Л.Н. Кечиева. – М.: МИЭМ, 2004. - с. 68-76.
12. Жаднов В.В., **Жаднов И.В.**, Полесский С.Н. Расчет надежности аппаратуры для режима ожидания (хранения). // Электромагнитная совместимость и проектирование электронных средств: Сб. научных трудов / Под ред. Л.Н. Кечиева. – М.: МИЭМ, 2004. - с. 77-81.