

Информационная технология обеспечения надежности сложных электронных средств военного и специального назначения

Валерий ЖАДНОВ, к. т. н.
jadnov@mitme.ru
Дмитрий АВДЕЕВ
avdim@mail.ru
Владимир КУЛЫГИН
trancer@maryno.net
Сергей ПОЛЕССКИЙ, к. т. н.
snr1981@yandex.ru
Александр ТИХМЕНЕВ
alexikhmenev@gmail.com

В статье рассмотрены вопросы создания и внедрения информационной технологии обеспечения надежности сложных электронных средств (ЭС) военного и специального назначения. Основу технологии составляют процессы расчетной оценки характеристик и показателей надежности составных частей (СЧ) для всех уровней разукрупнения, начиная от электрорадиоизделий (ЭРИ) и компонентов компьютерной техники (ККТ), электронных модулей первого уровня (ЭМ1) и заканчивая ЭС в целом, включая системы ЗИП (для восстанавливаемых ЭС), а также мониторинг информации по характеристикам надежности ЭРИ и ККТ.

Основой для обеспечения требуемого уровня надежности электронных средств (ЭС) военного и специального назначения является исполнение требований стандарта ГОСТ РВ 20.39.302-98 [1]. Последовательность мероприятий «Программ обеспечения надежности», приведенных в нем, по сути, представляет собой технологию обеспечения надежности. Поскольку надежность закладывается при проектировании, реализуется при изготовлении и поддерживается при эксплуатации, то очевидно, что особую роль играет «Программа обеспечения надежности при разработке» (ПОНр) [1]. Ввиду того, что на ранних этапах проектирования практически отсутствует статистика отказов, основным способом подтверждения достигнутого уровня надежности являются расчетные методы, которые автоматизированы и реализованы в виде программных средств, рекомендованных в соответствующих РДВ (стандартах второго уровня [2–4]).

Однако применяющиеся в настоящее время для проектной оценки надежности ЭС программные средства (в основном это отечественные разработки 22 ЦНИИ МО РФ — система «АСРН» [2] и пакеты прикладных программ «РОКЗЭРСИЗ» [3], «МНС-3.98» и «КМН-3.98» [4]) позволяют лишь в отдельных случаях частично оценить показатели надежности проектируемых ЭС, да и то только по данным справочника «Надежность ЭРИ». А ведь именно эти показатели в значительной степени характе-

ризуют технический уровень ЭС и их конкурентоспособность. Поэтому для создания аппаратуры, приборов, устройств и оборудования военного и специального назначения с высокими показателями технического уровня актуальна разработка технологии обеспечения надежности сложных ЭС, как в математическом, так и в методологическом аспекте, а также ее интеграция с информационными технологиями.

Основой для создания информационной технологии обеспечения надежности сложных ЭС послужили требования и рекомендации международных стандартов в области качества (ISO серии 9000), CALS-технологий (ISO серии 10303) и российских военных стандартов (КГВС «Мороз-6»). Разработанная технология [5] базируется на мероприятиях ПОНр, которые были существенно переработаны и интегрированы в инфраструктуру ИПИ-технологий. Функциональная модель информационной технологии обеспечения надежности сложных ЭС приведена на рис. 1.

Главное отличие операций технологии, приведенной на рис. 1, от мероприятий ПОНр в том, что каждая операция заканчивается расчетом надежности. Именно эти результаты служат основным критерием оценки качества проектных решений и являются составной частью общей информационной модели ЭС.

Как видно на рис. 1, технология представляет собой последовательность операций над электронным (виртуальным) макетом

ЭС (комплексной моделью надежности), выполнение которых регламентируется соответствующими методиками, как общеинженерными («А1: Анализ ТЗ»; «А2: Обоснование и выбор прототипа»; «А5: Обоснование и выбор конструкции»; «А10: Разработка принципиальной схемы»; «А11: Разработка конструкции»; «А12: Расчет и обеспечение режимов работы» так и специально разработанными для реализации этой технологии, а именно:

- методики автоматизированного расчета и обеспечения надежности электрорадиоизделий (ЭРИ), компонентов компьютерной техники (ККТ), составных частей (СЧ) и ЭС в целом (блоки А4, А6, А7, А8, А9, А14, А15);
- методики автоматизированного анализа результатов расчетов надежности ЭРИ, ККТ, СЧ и ЭС в целом (блок А16);
- методики информационной поддержки расчетов надежности, в том числе:
 - методики идентификации параметров моделей надежности ЭРИ и ККТ (блок А13);
 - методики идентификации параметров макромоделей надежности СЧ (блок А15);
- методики мониторинга справочной информации о характеристиках надежности ЭРИ, ККТ и СЧ (блок А6);
- методики сопровождения проектной информации (исходных данных и результатов расчетов надежности ЭРИ, ККТ, СЧ и ЭС в целом) — блок А8.

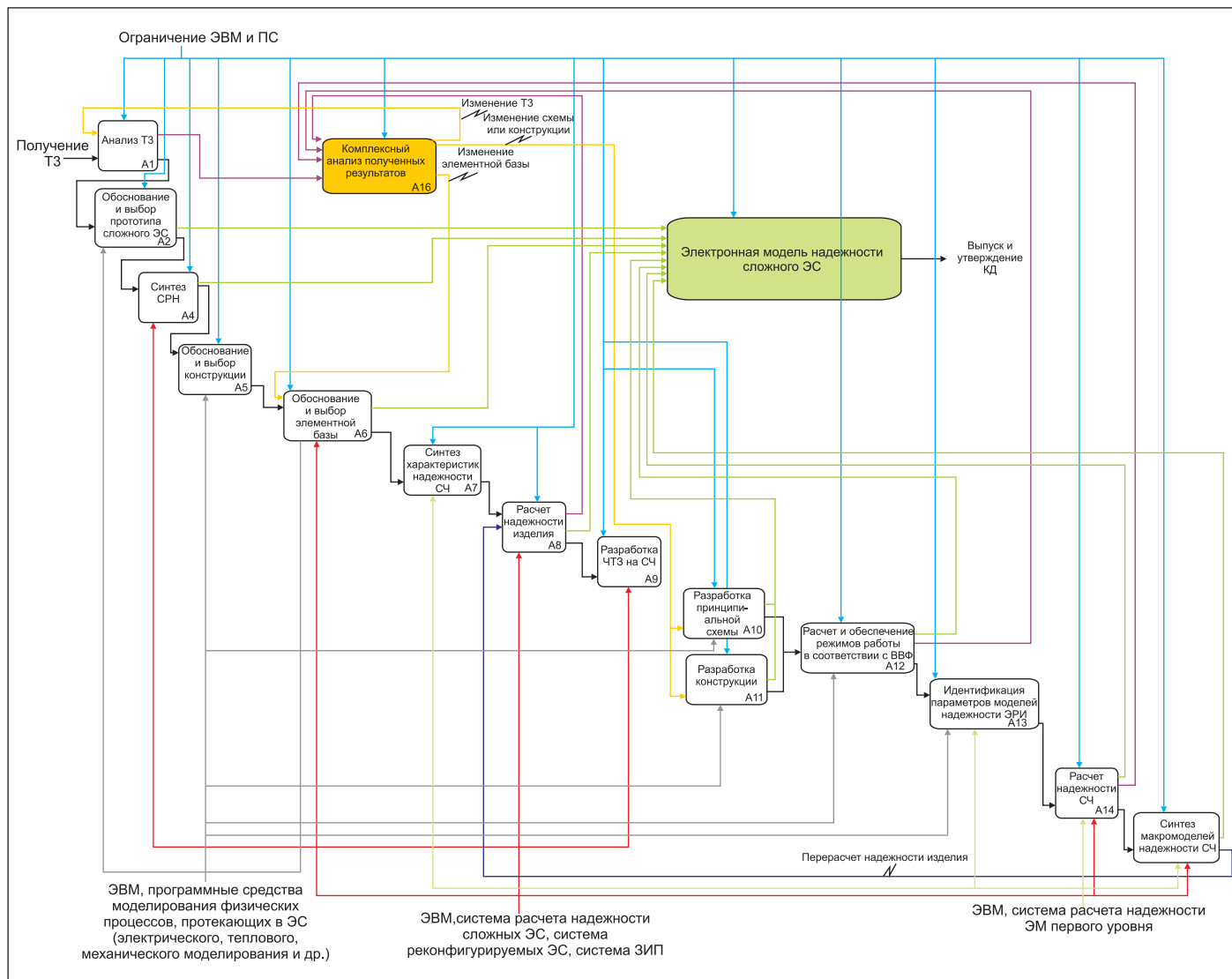


Рис. 1. Функциональная модель информационной технологии обеспечения надежности сложных ЭС

В методиках автоматизированного расчета и обеспечения надежности ЭРИ, ККТ, СЧ и ЭС реализованы как известные модели и методы, применяемые для расчетов надежности технических систем, так и специально разработанные, учитывающие специфику расчетов надежности сложных ЭС.

Документально методики оформлены в виде стандарта предприятия (СТП), который является составной частью технологии [6].

Другая важная особенность технологии — то, что основной объем работ по анализу и обеспечению надежности выполняется в блоках А8 и А14 (рис. 2), а не на заключительном этапе проектирования (блок А16), как принято в традиционной технологии проектирования, рекомендованной в РДВ 319.01.10-98 [7]. Кроме того, не надо забывать о задачах, связанных с определением требований по надежности к СЧ (блок А9), и окончательной оценке надежности (блок А8).

Очевидно, что трудоемкость работ по оценке и обеспечению надежности ЭС во много раз ниже, чем трудоемкость работ по оценке

и обеспечению надежности СЧ (схема расчета надежности ЭС может содержать до нескольких сотен СЧ, в то время как количество ЭРИ может достигать десятков и сотен тысяч).

Отсюда можно сделать принципиальный вывод о том, что специалисты службы надежности должны решать задачи, сформулированные в блоках А4, А7, А8 и А9, а задачи обеспечения требований по надежности к конкретной СЧ (блок А14) — ее непосредственные разработчики (схемотехники и конструкторы). Только в этом случае можно избежать многочисленных доработок ЭС по результатам испытаний опытных образцов и обеспечить выполнение процедур системы качества в соответствии с требованиями стандартов ISO серии 9000.

Однако для того, чтобы возложить эти обязанности на плечи проектировщиков ЭС, необходимо предоставить им средства автоматизации для решения задач расчета показателей надежности, то есть создать программные средства (ПС) нового поколения,

основанные на использовании широких возможностей сетевых и информационных технологий.

С целью конкретизации требований к таким ПС в работе предложена концепция реализации непрерывной информационной поддержки ПОНР [8] по расчету показателей надежности ЭС, основными положениями которой являются:

- Объединение пользователей по информационному, а не по территориальному признаку (установка ПС в локальной или глобальной сети позволяет проводить расчеты надежности как одного ЭС с разных рабочих станций, так и различных ЭС с одной рабочей станции).
- Электронный обмен данными (конверторы данных форматов промышленных САПР и АСПИ, формирование протоколов работы в электронном виде).
- Мониторинг информации о характеристиках надежности ЭРИ.
- Непрерывная поддержка процесса обеспечения надежности (расчет предельнодопу-

стимых режимов работы, числа резервных СЧ и т. д.).

- Непрерывная поддержка оказания помощи пользователю («горячая линия», Internet-представительство, контекстная справка и т. д.).
- Непрерывная поддержка информации о характеристиках надежности ЭРИ как иностранного производства (ИП), так и отечественного (время модификации интерфейса пользователя и баз данных (БД) в части математических моделей эксплуатационной интенсивности отказов, численных значений коэффициентов и пр. не должно превышать 1–2 дней после появления результатов мониторинга).
- Непрерывная поддержка процесса расчета надежности (автоматический перерасчет при любом изменении схемы расчета надежности (СРН) и отображение результатов в окне интерфейса пользователя).

Для реализации положений концепции и автоматизации выполнения операций технологии был создан программный комплекс расчета показателей надежности сложных ЭС, состав которого приведен на рис. 2.

Программный комплекс позволяет проводить расчеты показателей надежности по ГОСТ Р В 20.39.303-98 [9], а именно: вероятности безотказной работы за заданное время — $P(t)$; средней наработки до отказа в режиме эксплуатации — $T_{0Э}$; средней наработки на отказ в режиме эксплуатации —

T_0 ; средней наработки до отказа в режиме хранения — $T_{0ХР}$; коэффициента готовности — K_T ; коэффициента оперативной готовности — $K_{ГОР}$; коэффициента готовности системы ЗИП — $K_{ГЗИП}$; среднего времени задержки удовлетворения заявок — Δt . Краткая характеристика систем программного комплекса приведена ниже.

Система расчета показателей надежности электронных модулей первого уровня (ЭМ1) [10] создана для автоматизации выполнения операции А14 «Расчет надежности СЧ» информационной технологии обеспечения надежности сложных ЭС (рис. 1), в обеспечение РД В 319.01.20-98 [2] и предназначена для расчетной оценки показателей надежности электронных модулей 1-го уровня (модулей, не имеющих резервирования и состоящих из ЭРИ) по данным о характеристиках надежности ЭРИ и параметрам режимов применения.

Система ориентирована на инженеров-проектировщиков ЭМ1, не являющихся специалистами в области надежности и имеющих минимальные навыки работы на персональном компьютере. Это достигается за счет:

- использования технологии Wizard для ввода информации в интерфейсе пользователя;
- создания справочной системы, содержащей все необходимые подсказки и рекомендации, необходимые для работы с системой;

- создания базы данных, содержащей как информацию об ЭРИ, ККТ и стандартизованных и унифицированных СЧ, так и информацию о рассчитываемых ЭМ1.

Пользователь системы имеет возможность получать дополнительную информацию о степени влияния каждого из ВВФ (температуры и др.) и каждого ЭРИ на общий уровень рассчитанных показателей. Анализ этой информации позволяет своевременно выявить «слабые места» разрабатываемых модулей и дать обоснованные рекомендации по изменению схемы, конструкции и элементной базы с целью обеспечения требований частных технических заданий (ЧТЗ) по показателям надежности электронных модулей.

Система позволяет рассчитывать показатели надежности ЭМ1 на основе данных по характеристикам надежности ЭРИ и ККТ, приведенных в отечественных справочниках МО РФ «Надежность ЭРИ», «Надежность ЭРИ ИП», «Перечень серийно производимых и перспективных базовых средств вычислительной техники, разработанных в рамках КПК «Интеграция-СВТ-2015» и «Военная микроэлектроника» на основе унифицированных архитектурных, системных, программных и конструктивных решений и отечественной элементной базы», справочнике Ассоциации заказчиков и потребителей унифицированных изделий электронной техники (Фонд УНИЭТ) «Номенклатура высокотехнологичных ИЭТ, рекомендуемых к разработке в РФ и применению в РЭА», зарубежных стандартов MIL-HDBK-217F, GJB/Z 299B, NSWC-98/LE1, а также справочников ООО «СИНЦ» «Надежность ЭРИ зарубежного производства» и информационно-справочной базы данных «Надежность ККТ». Все эти справочники непрерывно обновляются на основе результатов мониторинга и данных, представляемых предприятиями-пользователями программного комплекса.

Встроенные интерфейсы связи позволяют экспортировать и конвертировать данные промышленных отечественных САПР/АСПИ и зарубежных САД/САЕ-систем в программные средства автоматизированного выпуска карт рабочих режимов.

В системе реализован метод расчета ЭМ1, рекомендованный в ОСТ 4Г 0.012.242-84 [11], а также специально разработанные методы расчета интенсивности отказов СБИС и коэффициента эксплуатации. Система позволяет проводить расчеты показателей надежности по ГОСТ Р В 20.39.303-98 [9], а именно: вероятности безотказной работы за заданное время — $P(t)$; средней наработки до отказа в режиме эксплуатации — $T_{0Э}$; средней наработки до отказа в режиме хранения — $T_{0ХР}$. Главная форма интерфейса пользователя системы расчета показателей надежности электронных модулей приведена на рис. 3.

Система расчета показателей надежности резервированных ЭС [12] создана для

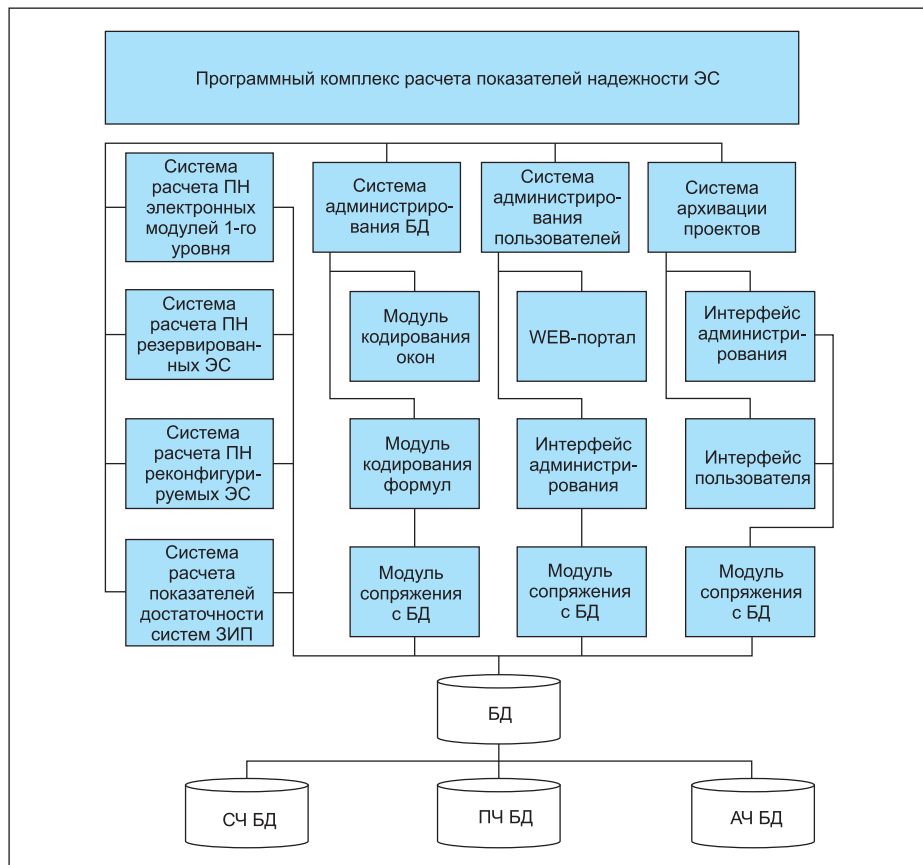


Рис. 2. Состав программного комплекса расчета показателей надежности ЭС

автоматизации выполнения операции А8 «Расчет надежности изделия» информационной технологии обеспечения надежности сложных ЭС (рис. 1), в обеспечение РДВ 319.01.16-98 [4] и предназначена для расчетной оценки показателей надежности структурно-сложных ЭС (ЭС, имеющих резервирование) по данным о характеристиках надежности СЧ и параметрам резервированных групп.

В системе реализован метод статистических испытаний, что позволяет проводить расчеты показателей надежности ЭС, у которых СРН представляют собой «неприводимые» графы. СРН в интерфейсе пользователя системы представляется в виде дерева групп (ДГ), при этом расчетное ядро системы может поддерживать практически неограниченное количество иерархических уровней ДГ, число которых определяется только техническими характеристиками ЭВМ, на которой она установлена.

Система позволяет проводить расчеты показателей надежности по ГОСТ РВ 20.39.303-98 [9], а именно: вероятности безотказной работы за заданное время — $P(t)$; средней наработки до отказа — T_0 ; коэффициента готовности — K_r ; коэффициента оперативной готовности — $K_{ог}$. Главная форма интерфейса пользователя системы расчета показателей надежности резервированных ЭС приведена на рис. 4.

Система расчета показателей надежности ЭС с реконфигурируемой структурой [13] создана для автоматизации выполнения операций А4 «Синтез СРН» и А8 «Расчет надежности изделия» информационной технологии обеспечения надежности сложных ЭС (рис. 1), в обеспечение РДВ 319.01.16-98 [4] и предназначена для расчетной оценки показателей надежности реконфигурируемых ЭС (ЭС, перестраивающих свою структуру при отказах СЧ) по данным о характеристиках надежности СЧ и алгоритмах реконфигурации.

Математическое обеспечение системы реализует методологию статистического (имитационного) моделирования, рекомендованного ГОСТ 27.301-95 [14]. Система позволяет проводить расчеты показателей надежности по ГОСТ РВ 20.39.303-98 [9], а именно: вероятности безотказной работы за заданное время — $P(t)$; средней наработки до отказа — T_0 ; среднего времени восстановления — T_B ; коэффициента готовности — K_r , коэффициента оперативной готовности — $K_{ог}$.

В отличие от системы расчета показателей надежности резервированных ЭС, в системе применяются дискретно-событийные модели и моделирования жизненного цикла ЭС от момента запуска в эксплуатацию. При этом также разыгрываются непрерывные случайные величины (времена нахождения СЧ в текущем состоянии). В ходе выполнения имитационного эксперимента модели-

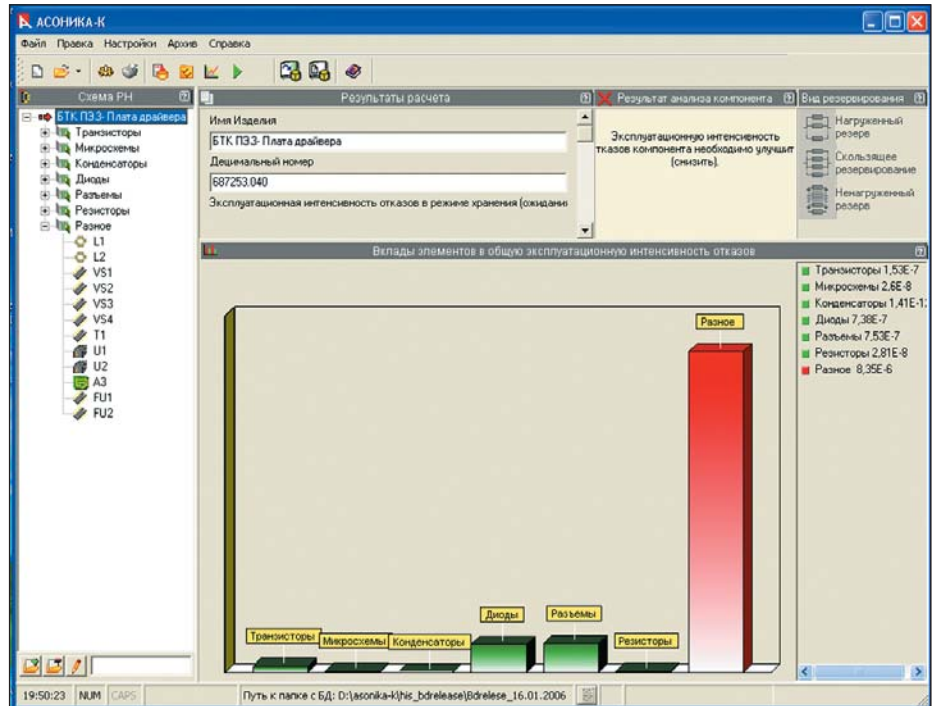


Рис. 3. Главная форма интерфейса пользователя системы расчета показателей надежности электронных модулей

руются события, возникающие при отказах СЧ, в соответствии с алгоритмом реконфигурации ЭС. Описание алгоритмов реконфигурации осуществляется на специализированном языке. Главная форма интерфейса пользователя системы расчета показателей надежности ЭС с реконфигурируемой структурой приведена на рис. 5.

Система расчета показателей достаточности систем ЗИП восстанавливаемых ЭС [15] создана для автоматизации выполнения операции А8 «Расчет надежности изделия» инфор-

мационной технологии обеспечения надежности сложных ЭС (рис. 1), в обеспечение ГОСТ РВ 27.3.03-2005 и РДВ 319.01.19-98 [3] и предназначена для расчетной оценки показателей достаточности систем ЗИП и оптимизации начального уровня запасов в их комплектах по данным о характеристиках надежности СЧ, структуре системы ЗИП, стратегии пополнения запасов и др.

В системе реализованы все методы ГОСТ РВ 27.3.03-2005, что позволяет проводить расчеты показателей достаточности как для

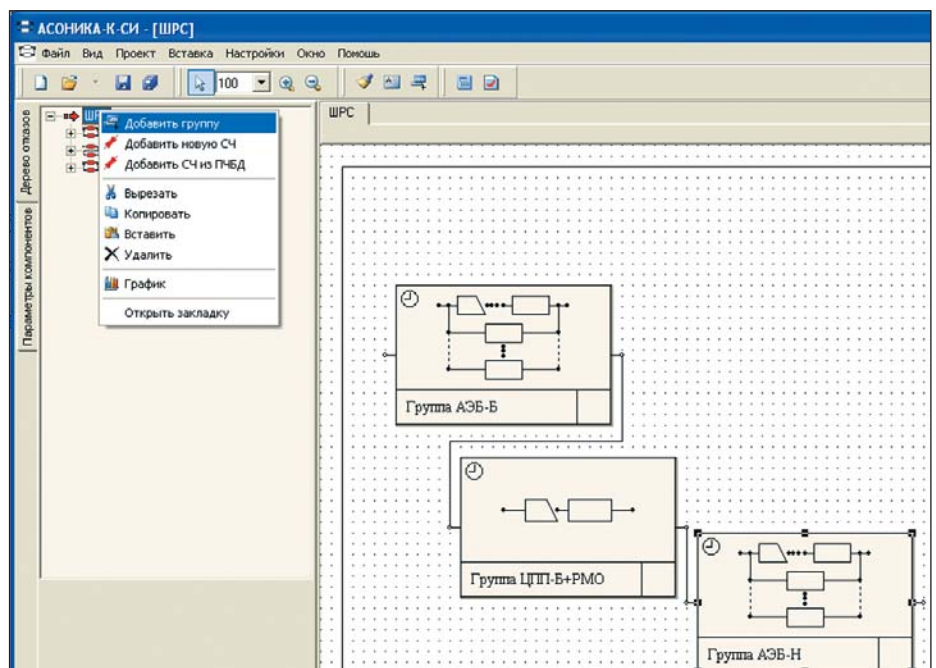


Рис. 4. Главная форма интерфейса пользователя системы расчета показателей надежности резервированных ЭС

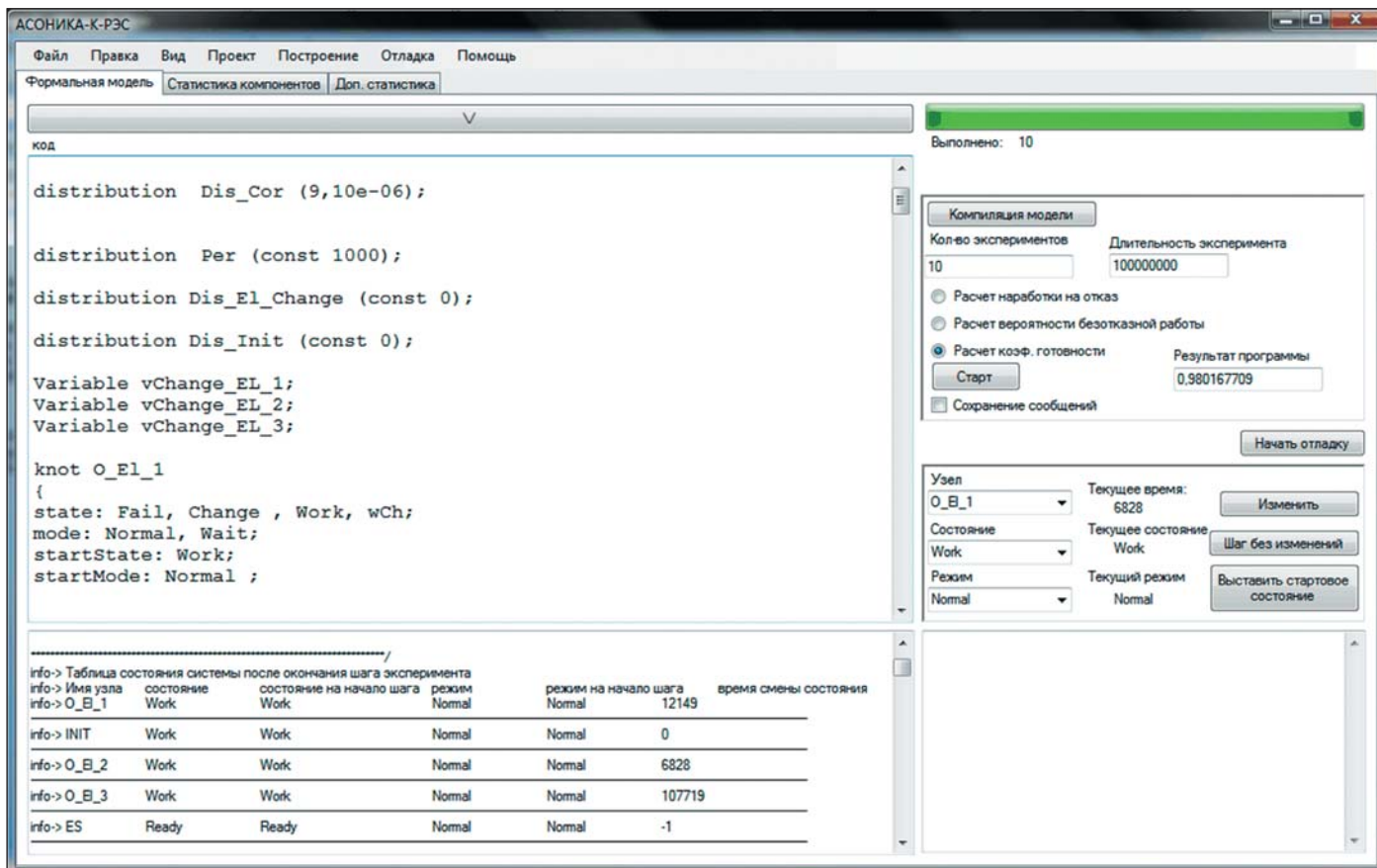


Рис. 5. Главная форма интерфейса пользователя системы расчета показателей надежности ЭС с реконфигурируемой структурой

одноуровневых систем ЗИП, так и двухуровневых, при этом расчетное ядро системы может поддерживать практически неограниченное количество запасов в системе ЗИП, число которых определяется только техническими характеристиками ЭВМ, на которой она установлена.

С помощью этой системы можно рассчитать показатели достаточности систем ЗИП по ГОСТ Р В 20.39.303-98 [9], а именно: коэффициент готовности — $K_{ГЗИП}$ и среднее время задержки удовлетворения заявки — Δt .

По классификации ГОСТ Р В 27.3.03-2005 одноуровневые системы ЗИП состоят из одного комплекта ЗИП и неисчерпаемого источника пополнения (НИП). Различают одиночный комплект ЗИП (ЗИП-О), использующийся для восстановления одного ЭС (рис. 6а), и групповой комплект ЗИП (ЗИП-Г) — для восстановления группы однотипных (одинаковых) ЭС (рис. 6б).

Двухуровневые системы ЗИП состоят из одного комплекта ЗИП-Г, нескольких одинаковых комплектов ЗИП-О и НИП (рис. 7).

Система позволяет проектировать системы ЗИП, пополнение запасов в которых можно осуществлять путем следующих политик обслуживания (стратегий пополнения): периодическое пополнение, периодическое пополнение с экстренными доставками, непрерывное пополнение и пополнение по уровню неснижаемого запаса.

Система позволяет решать следующие задачи проектирования систем ЗИП в полном соответствии с ГОСТ Р В 27.3.03-2005:

- расчет запасов, обеспечивающих заданный уровень показателя достаточности системы ЗИП при минимальных суммарных затратах на запасные части (прямая задача оптимизации);
- расчет запасов, соответствующих заданному ограничению по суммарным затратам на запасные части (ЗЧ) при максимально-

достижимом уровне показателя достаточности системы ЗИП (обратная задача оптимизации);

- расчет показателей достаточности системы ЗИП для заданного количества ЗЧ.

Практика использования системы на предприятиях оборонного комплекса показала, что кроме вышеперечисленных задач также необходимо проводить расчет количества ЗЧ для заданной нормы расхода запасных частей (НРЗЧ) на эксплуатацию и (или) плановые ремонты (задача обеспечения запасными частями по нормам расхода, решение которой также реализовано в системе). Главная форма интерфейса пользователя системы расчета показателей достаточности систем ЗИП восстанавливаемых ЭС приведена на рис. 8.

Предназначение остальных систем ПК:

- Система администрирования справочной части базы данных (СЧБД) [12] — для обновления данных по характеристикам надежности ЭРИ и ККТ.

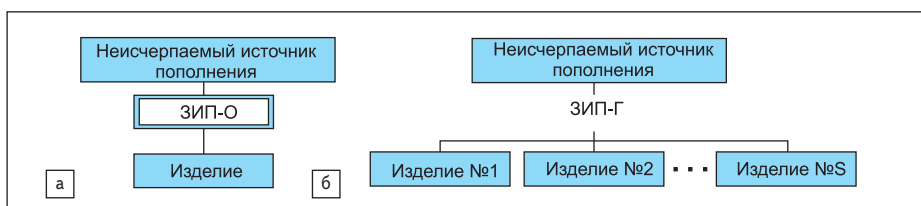


Рис. 6. Одноуровневые системы: а) одиночный комплект ЗИП-О; б) групповой комплект ЗИП-Г

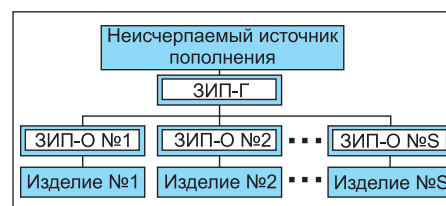


Рис. 7. Двухуровневая система ЗИП

- Система администрирования пользователей [12] — для разграничения прав доступа пользователей к системам и информационным ресурсам (базам данных) программного комплекса.
- Система архивации проектов [12] — для сопровождения архивной части базы данных (АЧБД) программного комплекса.
- Система мониторинга [16] — для сбора и обработки актуальной информации о характеристиках ЭРИ и ККТ. В состав системы включен WEB-портал (рис. 9), с помощью которого организуется единое информационное пространство, пользуясь которым разработчики могут получать информацию о технических характеристиках и показателях надежности и качества ЭРИ и ККТ.

Обмен данными осуществляется в режиме реального времени, что позволяет сократить время, необходимое разработчикам ЭС для обоснования выбора номенклатуры ЭРИ и ККТ по критерию надежности.

Кроме того, для реализации возможности непрерывной поддержки актуальной информации о характеристиках надежности ЭРИ и ККТ были разработаны специализированные языки кодирования окон интерфейса пользователя системы расчета показателей надежности ЭМ и кодирования математических моделей (формул) интенсивности отказов [10]. Использование этих языков позволяет изменять данные в СЧБД и интерфейс пользователя (последовательность ввода/вывода, название и содержание окон, полей ввода/вывода и др.) без изменения программного кода системы расчета показателей надежности ЭМ.

Другим и не менее важным аспектом реализации информационной технологии является организация обмена данными при проведении расчетов надежности. В силу известных особенностей расчетов надежности (секретность, сложный математический аппарат и т. д.) исторически сложилось так, что их проводят инженеры-математики, не являющиеся непосредственными участниками процессов проектирования, а следовательно, не представляющие взаимосвязи между характеристиками и показателями надежности и переменными проектирования (схематехническими, конструкторскими и др.). Поэтому при организации обмена данными в программном комплексе расчета показателей надежности была организована не только взаимосвязь данных отдельных систем, но и информационные связи с САПР (CAD-системами), АСПИ (CAE-системами) и системами менеджмента надежности.

Схема организации информационных потоков, отвечающая этим требованиям, приведена на рис. 10.

Программный комплекс может быть установлен на IBM/PC-совместимый компьютер (процессор — не ниже Pentium IV с тактовой частотой не менее 4 ГГц; HDD — не менее 2 Гбайт свободного места; RAM — не менее 4 Гбайт) с операционной системой Windows XP, с установ-

Порядковый номер	Наименование составной части	Кол-во СЧ (шт.)	Средняя интенсивность замены СЧ (10 ⁻⁶ /ч)	Затраты руб.	Стратегия пополнения	Первый (основной) параметр (ч.)	Второй параметр (ч./шт.)	Кол-во запасных частей (шт.)	Минимальное кол-во запасных частей (шт.)	Максимальное кол-во запасных частей (шт.)
1	Материнская плата	1	0,57	3200	1 периодическое	8760	0		2	10
2	Процессор	1	0,32	2100	1 периодическое	8760	0		1	10
3	Жесткий диск	2	0,95	1200	1 периодическое	8760	0		1	10
4	CD-ROM	1	0,65	500	1 периодическое	8760	0		1	10
5	Оптическая мышка	1	0,50	200	1 периодическое	8760	0		1	10
6	Клавиатура	1	0,20	350	1 периодическое	8760	0		1	10
7	Монитор	1	0,35	2700	1 периодическое	8760	0		2	10

Рис. 8. Главная форма интерфейса пользователя системы расчета показателей достаточности систем ЗИП восстанавливаемых ЭС

Изображение компонента	Показатели назначения (Эксплуатационно-технические характеристики)	Наработка на отказ	Экономические показатели
	Внутренний HDD жесткий диск Western Digital WD10EARS	Емкость: 1Тб. Объем буфера:64Мб. Скорость вращения: 7200rpm. Интерфейс: SATA 2. Размеры: 101.6*26.1*147 мм.	600000 75
	Внутренний HDD жесткий диск Seagate Barracuda LP	Емкость: 1Тб. Объем буфера:32Мб. Скорость вращения: 5900rpm. Интерфейс: SATA 2.	550000 80

Рис. 9. WEB-портал системы мониторинга применения ЭРИ и ККТ

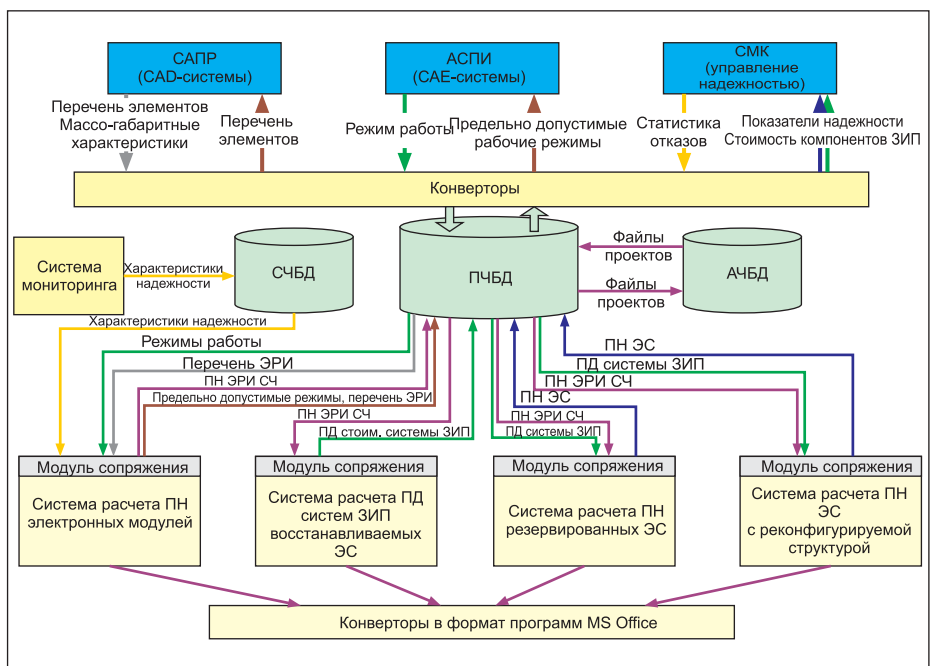


Рис. 10. Программный комплекс расчета показателей надежности ЭС: схема информационных потоков

ленными СУБД Oracle 9i и WEB-сервером APACHE. При работе в локальных/глобальных сетях серверная часть комплекса также может быть установлена на ЭВМ с операционной системой Unix или отечественной MS BC. Программный комплекс с 2002 года есть в Интернете. За это время с ним познакомились более 400 пользователей из России, стран СНГ, ближнего и дальнего зарубежья.

Применение технологии на ряде промышленных предприятий оборонного комплекса показало, что эффект от ее внедрения состоит в снижении трудоемкости проведения проектных исследований надежности ЭС (в отдельных случаях до 35–40%), повышении качества разрабатываемых образцов (прежде всего их надежности, за счет своевременного выявления и устранения предпосылок к отказам), а также экономии средств за счет сокращения объемов работ по созданию и экспериментальному исследованию макетов и уменьшению объемов испытаний на надежность (на 10–15%) [17, 18]. ■

Литература

- ГОСТ Р В 20.39.302-98. КСОТТ. Требования к программам обеспечения надежности и стойкости к воздействию ионизирующих и электромагнитных излучений.
- РДВ 319.01.20-98. Положение о справочнике «Надежность электрорадиоизделий».
- РДВ 319.01.19-98. Радиоэлектронные системы военного назначения. Методика оценки и расчета запасов в комплектах ЗИП.
- РДВ 319.01.16-98. Радиоэлектронные системы военного назначения. Типовые методики оценки показателей безотказности и ремонтпригодности расчетно-экспериментальными методами.
- Разработка информационной технологии обеспечения надежности сложных электронных средств военного и специального назначения: Описание работы на соискание премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники для молодых ученых / В. В. Жаднов, Д. К. Авдеев, В. Н. Кулыгин др. М.: МИЭМ, 2011.
- СТП 07.СИНЦ 0.012.020-2010. Система менеджмента качества. Аппаратура «А». Методики расчета показателей надежности.
- РДВ 319.01.10-98. Радиоэлектронные системы военного назначения. Методы надежность-ориентированного проектирования и изготовления РЭА.
- Жаднов В. В. Концепция реализации CALS-технологий в расчетах надежности РЭА // Chip news. 2002. № 5.
- ГОСТ Р В 20.39.303-98. КСОТТ. Требования к надежности. Состав и порядок задания.
- Жаднов В. В., Кофанов Ю. Н., Полесский С. Н. и др. Автоматизация проектных исследований надежности радиоэлектронной аппаратуры. М.: Радио и связь, 2003.
- ОСТ 4Г 0.012.242-84. Аппаратура радиоэлектронная. Методика расчета показателей надежности.
- Жаднов В. В., Сарафанов А. В. Управление качеством при проектировании теплонагруженных радиоэлектронных средств. М.: Солон-Пресс, 2004.
- Жаднов В. В., Тихменев А. Н. Моделирование компонентов электронных средств с реконфигурируемой структурой // Надежность и качество: труды международного симпозиума. В 2 т. Пенза: ПГУ, 2010.
- ГОСТ 27.301-95. Надежность в технике. Расчет надежности. Основные положения.
- Жаднов В. В. Автоматизация проектирования запасов компонентов в комплектах ЗИП // Компоненты и технологии. 2010. № 5.
- Жаднов В. В., Полесский С. Н., Якубов С. Э. Оценка качества компонентов компьютерной техники // Надежность. 2008. № 3.
- Малютин Н. В., Кофанов Ю. Н., Жаднов В. В. и др. АСОНИКА-К: применение при проектировании функциональных устройств гидроакустических комплексов // EDA Express. 2003. № 8.
- Жаднов В. В., Сарафанов А. В. Исследование характеристик надежности теплонагруженной системы электропитания // Надежность. 2006. № 1.