



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКИЙ ЦЕНТР «ПРОГРЕСС»
(АО «РКЦ «ПРОГРЕСС»)

ул. Земеца, д.18, г. Самара, 443009, тел. (846) 955-13-61, факс (846) 992-65-18, E-mail: mail@samspace.ru
ОКПО 43892776, ИНН 6312139922, КПП 997850001.

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель генерального директо-
ра-генеральный конструктор

АО «РКЦ «Прогресс»,

доктор технических наук

Р.Н. Ахметов



30.08.2016

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию Смельчаковой Галины Александровны

«Повышение надежности управляющих вычислительных систем ракетно-космической техники», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (промышленность)

Актуальность темы работы.

Проблема надежности сложных технических систем в области ракетно-космической техники продолжает оставаться одной из основных проблем. Объяснением этого является не только то, что достигнутый уровень надежности современных технических систем говорит о необходимости его повышения, сколько непрерывное усложнение решаемых ими задач и соответствующее повышение требований к надежности их выполнения, особенно при полете ракет-носителей и космических аппаратов. Последнее достаточно отчетливо подчеркивает актуальность и новизну решения поставленной в диссертационной работе Смельчаковой Г.А. задачи исследования влияния на работоспособность цифрового вычислительного комплекса ракетно-космической техники, ком-

плекса структурных, аппаратных и программных составляющих. В настоящее время эффективная всесторонняя поддержка анализа и оценки надежности системного программного обеспечения сложных вычислительных систем вызывает затруднения у разработчиков и требует поиска эффективных путей достижения требуемых показателей их надежности.

Структура и содержание диссертации. Диссертация состоит из введения (6 стр.), четырех глав (глава 1 – 21 стр., глава 2 – 28 стр., глава 3 – 34 стр., глава 4 – 26 стр.), заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы и шести приложений. Общий объем диссертации составляет 172 страницы, список литературы содержит 138 наименований.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи работы, обозначен объект и предмет исследования, отмечены новизна полученных результатов, их теоретическая и практическая значимость, сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе проведен анализ тенденций развития управляющих вычислительных систем (УВС) ракетно-космической техники и анализ архитектуры современных систем, создаваемых в АО «НПО автоматики имени академика Н.А. Семихатова», в частности, бортовых цифровых вычислительных систем (БЦВС), построенных по магистрально-модульному принципу. Проведен анализ известных методов, методик и программных средств, применяемых для оценки надежности сложных технических систем на этапе проектирования системы. Отмечена сложность систем и их системного программного обеспечения, невозможность получения точной оценки надежности системы с учетом ее алгоритмов функционирования для принятия решения о выборе варианта реализации системы на этапе раннего проектирования.

Вторая глава посвящена развитию методов и средств сравнительного анализа надежности вариантов архитектуры вычислительных систем: выбрана методика сравнительного анализа надежности вариантов архитектуры и определен критерий надежности вариантов, предложен метод оценки вероятности отказа системы, основанный на методе статистического моделирования, который позволяет учесть алгоритмы и средства реконфигурации системы, динамическое перераспределение функциональной нагрузки компонентов системы при изменении структуры системы, функциональные критерии отказов, возможность восстановления работоспособности компонентов системы при сбоях, не требующий описания всевозможных состояний системы. Представлено

описание программной реализации предложенного метода и методики анализа вариантов архитектуры УВС, обоснован выбор генераторов случайных чисел для программной реализации.

В третьей главе проведен анализ резервированных систем с минимальным уровнем аппаратурной избыточности, которые опробованы на практике в АО «НПО автоматики». Рассмотрена задача резервирования источника вторичного электропитания (ИВЭП). На основании проведенного сравнительного анализа надежности вариантов ИВЭП рекомендован трехканальный вариант со схемой контроля, схемой отключения канала с катастрофическим отказом и схемой нейтрализации канала с параметрическим отказом. Предложена модификация блока контроля трехканального системного модуля БЦВС и, на основании проведенного в работе сравнительного анализа надежности вариантов контроля, сделан вывод о целесообразности предложенной модификации. Обоснована архитектура контроллера магистрали, осуществляющего сопряжение процессора специализированного вычислительного модуля БЦВС с интерфейсом межмодульного взаимодействия.

В четвертой главе рассмотрены вопросы обеспечения надежности УВС на этапе проектирования. Рассмотрены подходы применяемые к отработке программного и аппаратного обеспечения УВС, проведена проверка предложенного метода оценки надежности системы путем сравнения результатов моделирования вычислительной системы с экспериментальными данными, полученными на моделирующем комплексе отработки аппаратуры и программ (КОАП). Приведено обоснование применения технологии моделирования плат для анализа целостности цифровых сигналов модуля вычислительной системы: предложенная в работе методика анализа с использованием инструментов Ansys позволяет оценить величину перекрестных помех на линиях связи. Обоснован выбор алгоритма расчета контрольной суммы при передаче данных по магистрали межмодульного взаимодействия БЦВС. Проведена оценка целесообразности восстановления вычислительных модулей БЦВС для ракетносителя «Союз-2» в полете.

В заключении приведены основные выводы и результаты, полученные в ходе выполнения работы. В приложениях представлены результаты расчета тестовых задач и экспериментальные данные, полученные на моделирующем КОАП, пример описания модели УВС и интерфейс программного обеспечения для сравнительного анализа надежности вариантов систем, последовательности бит для моделирования сигналов модуля системы, акт об использовании результатов диссертационного исследования.

Теоретическая значимость работы заключается в разработанных моделях вычислительных систем и методе оценки показателей безотказности системы, которые могут использоваться для совершенствования процесса анализа проектных решений, а также при анализе влияния на работоспособность системы в целом ее аппаратных и программных составляющих.

Практическую значимость имеют результаты работы, предназначенные для использования в процессе проектирования УВС, а именно:

1) разработанный новый алгоритм оценки надежности сложной УВС, который позволяет учесть реконфигурации системы, ее функциональные критерии отказов и возможность восстановления компонентов системы при сбоях, не требующий в отличие от известных алгоритмов описания всевозможных состояний системы;

2) созданное на основе указанного алгоритма программное обеспечение для проведения сравнительного анализа надежности вариантов архитектуры УВС, реализующее создание и проверку моделей вариантов вычислительной системы, автоматизированную оценку показателей их безотказности, представление результатов сравнительного анализа надежности вариантов;

3) разработанное методическое обеспечение по использованию данного программного продукта, которое значительно снижает трудозатраты на анализ и выбор проектных решений по обеспечению требуемого уровня безотказности УВС.

Научные положения и разработки диссертации приняты для использования в АО «НПО автоматики» при исследовании вариантов реализации проектируемых бортовых цифровых вычислительных систем, что подтверждается соответствующим актом, представленным в приложении к диссертации.

По диссертации имеются следующие **замечания**:

1. Выполненный в диссертации анализ функциональных возможностей и ограничений автоматизированных систем оценки показателей надёжности сложных технических систем (глава 1, п. 1.3.3) представлен в весьма сжатом виде. В этой связи автором недостаточно обоснованы конкурентные преимущества собственного программного продукта, осуществляющего оценку показателей надёжности УВС в автоматизированном режиме.

2. Непонятно имеет ли приведенная в диссертационной работе формула 2.1.2 (глава 2, стр.33) для вычисления комплексного показателя качества отношение к комплексным показателям надежности, предусмотренным в Межгосударственном стандарте «На-

дежность в технике» (ГОСТ 27.002-89). В диссертации соответствующих пояснений нет.

3. Вывод о нецелесообразности восстановления вычислительных модулей в полете ракеты-носителя «Союз-2» не совсем корректен, так как в диссертации речь идет о сложных технических системах ракетно-космической техники, а это в том числе, космические аппараты. Длительность полета РН «Союз-2» 10 минут, а длительность функционирования космических аппаратов от нескольких суток до нескольких лет.

4. В диссертации имеются отдельные неточности и опечатки, которых вполне можно было избежать.

Вышеуказанные замечания не могут повлиять на общую положительную оценку рассматриваемой работы и не снижают ее научной и практической ценности. Диссертация обладает внутренней логикой изложения, выводы по главам и заключение достаточно обоснованы.

Основные результаты диссертационного исследования достаточно полно отражены в 19 работах, 4 из которых опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК. Получены в соавторстве 3 патента на изобретение, 1 свидетельство о регистрации программы для ЭВМ. Результаты работы апробированы на научно-практических конференциях.

Автореферат диссертации вполне отражает ее основное содержание, научную новизну, практическую значимость, выводы и результаты диссертационного исследования.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации. Использование алгоритма и реализующего его программного обеспечения, созданных на основе выполненных в диссертации исследований, целесообразно на этапе раннего проектирования УВС, например, создаваемых в АО «НПО автоматики», для анализа и выбора проектных решений по обеспечению требуемого уровня безотказности УВС.

Предложенные в диссертации подходы и технические решения, в частности реализованные в резервированном источнике вторичного электропитания, блоке контроля трехканального модуля, контроллере магистрали, осуществляющем сопряжение модуля системы с интерфейсом межмодульного взаимодействия, могут быть рекомендованы к использованию в составе БЦВС.

Заключение. Диссертационная работа Смелычаковой Галины Александровны «Повышение надежности управляющих вычислительных систем ракетно-космической техники» является законченным научным исследованием по актуальной теме. В работе представлены результаты, имеющие важное научное и практическое значение для специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (про-

мышленность). Результаты исследований, представленные в диссертации, делают существенный вклад в решение актуальной задачи обоснования архитектуры управляющих вычислительных систем на этапе раннего проектирования системы.

Диссертационная работа соответствует критериям, установленным пп. 9-14 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор, Смелчакова Галина Александровна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (промышленность).

Диссертация и отзыв рассмотрены на заседании НТС Акционерного общества «Ракетно-космический центр «Прогресс», на заседании отдела 1301 (протокол заседания № 2/1301 от 23.08.2016).

Заместитель генерального конструктора
по научной работе АО «РКЦ «Прогресс»,
кандидат технических наук

Космодемьянский Е.В.

Начальник отдела 1301,
кандидат технических наук

Изюмов М.В.