



Акционерное общество
**«Научно-инженерный центр
Санкт-Петербургского электротехнического университета»**

197376, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 5, лит. О
Почтовый адрес: 194021, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 22, лит. Н
ОКПО 72491481, ОГРН 1047855001270, ИНН/КПП 7813300797/781301001

тел.: (812) 703-75-83
тел./факс: (812) 703-75-84

e-mail: info@nicetu.spb.ru
<http://www.nicetu.spb.ru>

31.10.2017 № 2274/1

На № от

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, доцента Миронова Юрия Вячеславовича на диссертационную работу Кулакова Александра Юрьевича, на тему «Модель и алгоритмы реконфигурации системы управления движением космического аппарата», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (технические системы)»

Одной из основных особенностей таких сложных технических объектов (СТО), как космические аппараты (КА), является то, что их параметры и структуры на различных этапах жизненного цикла изменяются под действием объективных и субъективных, внутренних и внешних причин, или их комбинаций. Другими словами, на практике приходится постоянно сталкиваться со структурной динамикой КА в целом и его бортовой аппаратуры (БА), в частности. В этих условиях для повышения (сохранения, восстановления) уровня работоспособности и возможностей КА необходимо осуществлять управление их структурами. Широкое распространение на практике получил такой вариант управления структурами КА, как реконфигурация.

Всесторонний содержательный анализ современного состояния исследований вопросов реконфигурации СТО, в том числе и бортовых систем (БС) КА, проведенный соискателем в диссертации, показал, что наибольшее распространение на практике получил вариант так называемой «слепой» реконфигурации, в рамках которой при отказах и нарушениях правильности функционирования соответствующей БС с целью сохранения наиболее приоритетных функций КА или допустимых условий работоспособности “жертвуют” другими функциями или частью работоспособных элементов.

Однако при указанном виде реконфигурации БС КА не проводятся такие важные операции на борту КА как учёт и анализ текущих характеристик задач, решаемых в БС КА и выполняемых функций; анализ и оценивание текущего состояния БС КА в целом; оперативный расчёт,

оценивание и анализ целевых и информационно-технических возможностей БС КА для обоснованного перераспределения функций обработки информации и управления КА между её работоспособными элементами и подсистемами. Практика показывает, что в реальных ситуациях отказ БА КА может вести к отказу или снижению эффективности функционирования работоспособной БА или БС в целом. При этом восстановление работоспособности БС требует формирования принципиально новых работоспособных конфигураций БС КА.

Необходимо также отметить, что применительно к космической сфере в последнее время появился целый ряд исследований проблем управления восстановлением работоспособности БС КА, базирующийся на байпасном подходе, связанном с формированием при аварийной полетной ситуации (АПС) обходных путей выполнения основных функций КА. В указанных ситуациях основная управленческая задача состоит в том, чтобы отыскать приемлемые бортовые ресурсы (вспомогательные, дополнительные контуры управления) и продуктивные способы их использования в аварийных полетных ситуациях для успешного выполнения поставленных перед КА целевых задач, учитывая различие методов и средств построения их основных контуров.

В целом, на основе выполненного в диссертации анализа современного состояния исследований в выбранной предметной области, соискателем сделан обоснованный вывод о том, что к настоящему времени, несмотря на достаточно большое количество подходов к задаче реконфигурации СТО (в том числе и БС КА) все они носят достаточно разрозненный и разобщенный характер и не позволяют с единых позиций подойти к задаче комплексной автоматизации рассматриваемого управленческого процесса.

В этих условиях объективно становится необходимой разработка соответствующих теоретических основ (моделей, методов, алгоритмов и методики) решения различных классов задач реконфигурации структур БС КА (в том числе и системы управления движением КА как одной из важнейших БС КА) на основе современных подходов к управлению структурной динамикой рассматриваемых СТО.

Все вышеизложенное позволяет сделать вывод о том, что тема диссертационной работы Кулакова А.Ю., которая посвящена научному обоснованию и разработке специального модельно-алгоритмического обеспечения решения задачи реконфигурации системы управления движением (СУД) КА является, несомненно, актуальной, непосредственно связана с одним из наиболее перспективных направлений совершенствования указанных систем и поэтому имеет важное практическое значение.

К числу основных научных результатов, определяющим новизну и значимость представленной диссертационной работы можно отнести следующие результаты:

1. В диссертации, в отличие от существующих подходов, вопросы формального описания процессов реконфигурации БС КА (в том числе СУД КА) исследуются в общем контексте задачи управления восстановлением ее работоспособности при возникновении различных классов нештатных ситуаций. Для этого соискателем предложена оригинальная модификация ранее разработанной модели динамического альтернативного системного мультиграфа, учитывающая с требуемой степенью детализации специфику пространственно-временных, технических и технологических ограничений, связанных с планированием и управлением структурной динамикой рассматриваемого класса СТО.

2. Разработано полимодельное описание процессов структурно-функциональной реконфигурации СУД КА, включающее в себя взаимосвязанные аналитические детерминированные и вероятностные модели функционирования указанной бортовой аппаратуры КА, а также имитационную модель реализации планов работы бортовой специальной аппаратуры и различных видов бортовых ресурсов КА для различных сценариев изменения возмущающих воздействий. Отличительной особенностью данных моделей является то, что они базируются на оригинальном сочетании математического аппарата булева программирования и обобщенного логико-вероятностного описания проблем структурной надежности СТО, к числу которых относятся КА и его бортовые системы.

3. На основе предложенного соискателем комбинированного использования эвристического и бионического подходов к решению сформулированной им в диссертации задачи структурно-функциональной реконфигурации СУД КА (которая свелась к задаче нелинейного целочисленного программирования), были разработаны соответствующие алгоритмы поиска программ переключения чувствительных и исполнительных элементов указанной бортовой системы, обеспечивающие равномерное расходование временного ресурса перечисленных элементов с учетом имеющейся наработки на отказ.

4. Разработана методика структурно-функциональной реконфигурации СУД КА при его многорежимном функционировании, которая была реализована в виде соответствующего прототипа программного комплекса и позволила обоснованно подойти к выбору наиболее предпочтительных вариантов структурной динамики СУД КА с учетом различных сценариев изменения возмущающих факторов. Оригинальность предложенной методики состоит в том, что она базируется на разработанной соискателем технологии аналитико-имитационного моделирования исследуемых процессов структурно-

функциональной реконфигурации СУД КА, позволяющей, с одной стороны, решить конструктивно задачу оперативного формирования программ управления ее структурной динамикой, а, с другой стороны, оценить возможность их реализации при возникновении различных классов аварийных и нештатных ситуаций.

В целом научная новизна и практическая значимость выполненной научной работы состоит в разработке обобщенного подхода к повышению уровня автономности и живучести БС КА на основе предложенной соискателем оригинальной интерпретации процессов их реконфигурации как процессов управления структурной динамикой соответствующих элементов и подсистем. Конструктивно разработанный в диссертации подход к выполнению различных стратегий внутренней и внешней реконфигурации БС КА (с использованием и без использования наземного комплекса управления) был успешно реализован в виде соответствующего модельно-алгоритмического и программного обеспечения, подтвердивших свою работоспособность и эффективность при выполнении нескольких научных проектов.

При этом данное методическое и программное обеспечение позволили повысить оперативность и обоснованность процессов планирования структурно-функциональной реконфигурации (по сравнению с существующими подходами) за счет множественной генерации и анализа допустимых конфигураций БС КА с точки зрения заданных показателей структурной надежности и живучести, а также выбора наиболее предпочтительных альтернатив (программ реконфигурации).

Основные положения, выводы и рекомендации, полученные в диссертации, достаточно обоснованы и аргументированы. Сформулированная в диссертации научно-техническая задача была исследована и решена на основе корректного использования фундаментальных концепций, принципов и подходов, используемых в системном анализе, общей теории систем, теории вероятностей и математической статистики, теории принятия решений, теории систем и управления.

Достоверность основных выводов и результатов диссертации подтверждается:

- обстоятельным сравнительным анализом достоинств и недостатков предшествующих научных разработок по исследуемой проблематике и преемственностью основных научных положений, сформулированных автором;

- корректностью предложенных математических методов, моделей, алгоритмов и апробацией основных теоретических положений диссертации в печатных трудах, докладах на НТК и НТС;

- согласованностью результатов, полученных с использованием положений, изложенных в диссертации, с данными, полученными в

результате экспертного опроса специалистов, непосредственно участвующих в процессах планирования и управления реконfigurацией БС КА;

- положительными результатами внедрения основных научных положений диссертации в различных предметных областях.

Результаты исследований автора прошли всестороннюю апробацию на 6 всероссийских и региональных научно-практических конференциях.

По материалам диссертационной работы опубликовано 16 печатных работ, из которых четыре статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ.

Диссертационная работа в целом имеет законченный характер, написана четким, лаконичным языком, достаточно подробно иллюстрирована. Автореферат диссертации в целом отражает ее содержание.

Тема диссертации соответствует профилю специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (технические системы)»

К числу недостатков диссертации можно отнести следующие положения:

1. В диссертации при решении задач реконfigurации СУД КА в основном рассматриваются три вида структур указанной бортовой системы: техническая, технологическая и функциональная структуры. Однако на практике, при управлении БС КА, приходится, кроме того, одновременно реконfigurировать топологическую, информационную структуры, а также структуры программного и математического обеспечения. Указанная много структурность требует своего описания и исследования. В диссертации данный аспект задач реконfigurации структур БС КА не нашел отражения.

2. В диссертации предложено полимодельное описание исследуемой предметной области. При этом взаимодействие детерминированных моделей реконfigurации структуры СУД КА, базирующихся на моделях математического программирования, со стохастическими моделями реализации планов структурно-функциональной реконfigurации описано на программном уровне. Однако при реализации технологий системного моделирования для корректности необходимо также рассматривать модельно-алгоритмический и информационный уровни их описания и взаимодействия.

3. В диссертации процессы реконfigurации СУД КА сопровождаются многочисленными интерактивными итерационными процессами реализации численных алгоритмов (например, алгоритмы решения соответствующей задачи нелинейного программирования при планировании реконfigurации). Однако вопросы сходимости данных алгоритмов нигде в диссертации не рассмотрены.

Перечисленные недостатки не снижают общий научный уровень проведенных исследований, и в целом не влияют на общий положительный вывод о качестве представленной к защите диссертации.

В целом диссертационная работа Кулакова А.Ю. написана на актуальную тему, отличается научной новизной и практической значимостью полученных результатов, имеет завершенный характер. Автором в диссертации сформулирована и решена важная и актуальная научно-техническая задача разработки модельно-алгоритмического обеспечения реконфигурации СУД КА для рационального использования бортового ресурса, парирования нештатных ситуаций и повышения эффективности функционирования КА.

Диссертационная работа отвечает критериям “Положения о присуждении ученых степеней” и соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Кулаков А.Ю., заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (технические системы)».

Официальный оппонент
доктор технических наук, доцент,
ведущий специалист
Акционерного общества
«Научно-инженерный центр
Санкт-Петербургского электротехнического университета»,

Юрий Вячеславович Миронов

Санкт-Петербург ул. Политехническая, дом 22, литера Н
Тел.: 8(921)561-66-33
e-mail: mironov.yuriy@nicetu.spb.ru

Подпись ведущего специалиста Акционерного общества «Научно-инженерный центр Санкт-Петербургского электротехнического университета», д.т.н., доцента Миронова Ю.В.

“ЗАВЕРЯЮ”

Начальник службы персонала Акционерного общества «Научно-инженерный центр Санкт-Петербургского электротехнического университета»

С.Г.Трофимова