

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор

ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский

технологический университет»,

доктор химических наук, профессор,

Н. И. Прокопов

«27» 2021



ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Комарова Владимира Александровича «**Автоматизированные системы экспериментальных исследований с временным разделением аппаратно-программных ресурсов**», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.3.3 - Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность)

Актуальность темы диссертационной работы

Диссертационное исследование Комарова В.А. посвящено усовершенствованию научных основ создания автоматизированных систем экспериментальных исследований с временным разделением аппаратно-программных ресурсов, а также разработке, внедрению и эксплуатации образцов данных систем в рамках процессов интенсификации производств в ракетно-космической промышленности и в отраслевой системе подготовки кадров. Возрастающие сложность и стоимость программных средств, средств вычислительной и измерительной техники, исполнительных устройств и механизмов обуславливают возникновение проблемы ресурсного обеспечения технологических процессов прикладных экспериментальных исследований в различных областях (промышленный, научный и учебный эксперименты), в связи с этим тема диссертации является несомненно актуальной.

Краткий обзор содержания работы

Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, списка сокращений, условных обозначений, терминов, списка литературы и приложений. Основной текст диссертации изложен на 364 страницах (без

приложений) и содержит 100 рисунков, 11 таблиц и список литературы из 451 наименования.

Во введении обоснована актуальность диссертации, сформулированы цель и задачи исследования, сформулирована научная новизна, выделены основные положения выносимые на защиту, отражены теоретическая и практическая значимость результатов проведенного исследования.

В главе 1 приводится обзор направлений и областей коллективного использования аппаратных, программных и прочих ресурсов на основе их временного разделения, в том числе и в области автоматизации экспериментальных исследований. Рассмотрен обобщенный аппаратный и программный состав многопользовательской распределенной измерительно-управляющей системы автоматизации экспериментальных исследований (МРИУС), выделены реализуемые функции основных компонентов с точки зрения двойственной специфики процесса ее функционирования. Формализован и представлен в виде блок-схемы обобщенный алгоритм функционирования МРИУС, отображающий ряд ключевых особенностей ее работы как системы массового обслуживания. Проведены исследования существующих нормативных требований к задержкам ответа в интерактивном диалоговом режиме при решении вычислительных, экспериментальных и прочих задач. Сформулирована в общем виде математическая модель задачи поиска рабочего проектного решения в соответствии с целевым критерием выбора и учетом ряда накладываемых ограничений на технические характеристики МРИУС.

В главе 2 на основе теоретико-множественного подхода разработана информационная модель проектного решения МРИУС, отображающая выделенную специфику функционирования. Формализована и представлена в виде схемы взаимосвязь предложенных компонентов проектного решения и математической модели динамики функционирования МРИУС как СМО. Наглядно графически представлен ряд принципов (иерархичности, ограничения количества допустимых альтернатив, унификации), положенные в основу разработанной методологии. Их реализация обеспечила сокращение области поиска допустимых вариантов проектных решений. В аналитическом виде представлен обобщенный критерий оценки технического уровня проектного решения МРИУС. Для критерия оценки выделены и исследованы основные направления его повышения, которые представлены в виде комплекса графиков соответствующих зависимостей.

Приведена структура разработанной автором предметно-ориентированной методологии проектирования МРИУС с улучшенными показателями технического уровня, отличительной особенностью которой от

известных является ее фокусировка на специфике МРИУС. В соответствии с этим в состав предложенной методологии вошли как ранее известные результаты, так и новые исследованные и апробированные на практике методы повышения оперативности функционирования МРИУС, а также модели, алгоритмы, методики и комплекс решений для ряда проектных задач создания МРИУС.

В главе 3 представлен разработанный набор базовых структур аппаратного построения МРИУС.

Рассмотрены базовые аналитические модели, применяемые для описания динамики функционирования МРИУС как систем массового обслуживания. Для разработанной соискателем новой имитационной модели динамики приведены обобщенная структурная схема и блок-схема алгоритма имитационного моделирования. Данная модель характеризуется дополнительными исследовательскими возможностями относительно известных моделей. Логические взаимосвязи между соответствующими базовыми структурами аппаратного построения и применяемыми в рамках исследований математическими моделями представлены в виде обобщенной схемы.

Приведены блок-схемы алгоритмов разработанных методик для решения частных проектных задач процесса разработки МРИУС. К ним относятся: методика проектирования аппаратно-программного-обеспечения, методика оценки параметров сценария диалога, методика формирования граничных параметров сценария диалога, методика оценки технических характеристик, методика расчета функций параметрической чувствительности.

В главе 4 описан метод сбора и накопления информации о соответствии длительностей выполняемых функциональных операций значениям параметров конфигурации и измерения, содержащимся в заданиях пользователей. Рассмотрена реализация метода посредством дополнения прикладного программного обеспечения МРИУС специализированным разработанным программным модулем измерения и накопления данных.

Разработан и исследован средствами математического моделирования ряд новых методов повышения оперативности функционирования МРИУС (метод оптимизации операций управления, метод временного разделения многократных измерений, метод распараллеливания функциональных операций). На примере ряда исходных данных в виде графиков представлены результаты исследования эффективности применения предложенных методов. Способы функционирования МРИУС на основе предложенных методов защищены патентами РФ на изобретение.

Далее изложен обобщенный подход к анализу результативности реализации мероприятий, направленных на повышение технического уровня МРИУС как на этапе разработки проектных решений, так и на этапе эксплуатации. Аналитически показано, что для случая когда материальные затраты на реализацию предложенных методов являются пренебрежительно малыми по сравнению в целом с затратами на МРИУС, относительное повышение технического уровня МРИУС является приблизительно равным величине эффективности методов.

В главе 5 рассматривается разработанное базовое измерительное обеспечение МРИУС, учитывающее специфику выполнения параметров и характеристик объектов экспериментальных исследований в интерактивном диалоговом режиме. Рассмотрены алгоритмы спектрально-весаого измерения параметров сигналов на основе ЭВМ. Приведены функциональные возможности исследовательского аппаратно-программного комплекса и комплекса базовых унифицированных виртуальных приборов. Предложенное базовое измерительное обеспечение позволяет существенно (до 30 % и более) сократить сроки разработки прикладного ПО МРИУС.

Предложено формализованное описание базовых шаблонов проектирования графического интерфейса пользователя МРИУС, которые формализуют основные подходы к реализации соответствующего прикладного ПО. В виде блок-схемы алгоритма представлена методика разработки графического интерфейса пользователя на их основе.

Разработана и представлена блок-схемой ее алгоритма методика формирования базы данных инженерных решений в процессе разработки МРИУС, направленная на аккумулирование и реализацию возможности применения положительного опыта предыдущих разработок. Приведена структурная схема взаимодействия разработчика с ней при решении ряда проектных задач и пополнении ее новыми данными.

Описана методика проектирования МРИУС, в рамках которой осуществляется взаимодействие разработанных и рассмотренных в предыдущих глава и параграфах компонентов предложенной методологии. Это позволяет синтезировать проектные решения МРИУС с улучшенными техническими характеристиками.

В заключительном параграфе приведена *методика адаптации МРИУС к изменяющимся условиям эксплуатации*, в рамках которой принимается решение о необходимости реализации ряда технических и организационных мероприятий. Принятие решения выполняется на основе анализа накапливаемых статистических данных о параметрах процесса функционирования МРИУС как системы массового обслуживания.

В главе 6 рассмотрены функциональные возможности образцов МРИУС в области автоматизации промышленного, научного и учебного экспериментов, которые были разработаны и созданы на основе предложенной методологии и ее отдельных компонентов.

Приведены результаты экспериментальных исследований параметров и характеристик промышленных образцов МРИУС автоматизации научного и учебного эксперимента как систем массового обслуживания и выполнено их сравнение с результатами математического моделирования. Представлены результаты натурных экспериментальных исследований предложенной математической модели, эффективности применения методов повышения оперативности, корректности работы подпрограммы регистрации и накопления статистических данных.

Обобщен и представлен в виде сводной таблицы достигнутый эффект от внедрения результатов диссертационного исследования в области автоматизации экспериментальных исследований в промышленности и отраслевой системе подготовки кадров.

В заключении изложены общий вывод и основные результаты работы, обозначены направления дальнейших перспективных исследований.

В приложении приведены: описания разработанных образцов МРИУС автоматизации научного и учебного экспериментов; документы, подтверждающие внедрение и использование результатов диссертационной работы; патенты на изобретения.

Научная новизна и основные результаты исследования

Научная новизна работы заключается в создании новой предметно-ориентированной методологии, интегрирующей в своем составе методы, модели, методики и комплекс решений, реализующих в целом научные основы построения МРИУС с улучшенными показателями технического уровня, а также в создании новой методики их адаптации к изменяющимся условиям эксплуатации. При этом в диссертации, в частности, получены следующие результаты, характеризующиеся новизной:

1. Впервые предложен обобщенный критерий оценки технического уровня, характеризующий эффективность организации режима коллективного пользования единичными экземплярами оборудования автоматизированных систем экспериментальных исследований, на основе которого выделены и исследованы направления совершенствования МРИУС.

2. Разработана и реализована в виде программного модуля базовая имитационная модель динамики функционирования МРИУС как систем массового обслуживания при выполнении функциональных задач в

интерактивном диалоговом режиме, дополнительно учитывающая структуру аппаратного построения, длительности функциональных операций управления и измерения, их зависимость от параметрического и функционального содержания выполняемых заданий, задержку прохождения заданий по сети, вариативность реализуемых алгоритмов диспетчеризации, а также гетерогенность размышления и обслуживания пользователей.

3. Впервые разработаны методы повышения оперативности функционирования МРИУС (метод оптимизации операций управления, метод временного разделения многократных измерений, метод распараллеливания функциональных операций), которые основаны на организации процесса диспетчеризации заданий в соответствии с исследованными особенностями работы разделяемых ресурсов как автоматизированных систем экспериментальных исследований.

4. Разработан комплекс решений ряда проектных задач, включающий набор базовых структур аппаратного построения, алгоритмы диспетчеризации разделяемого ресурса на основе предложенных методов, комплекс базового измерительного обеспечения, базовые шаблоны проектирования графического интерфейса пользователя, отличающийся тем, что учитывает характерные особенности процесса функционирования МРИУС как автоматизированных систем экспериментальных исследований, так и систем массового обслуживания.

5. Разработана новая методика проектирования МРИУС с улучшенными техническими характеристиками, отличающаяся тем, что объединяет в своем составе подходы разработки их аппаратных и программных компонентов с точки зрения функционирования как автоматизированных систем экспериментальных исследований, так и систем массового обслуживания, реализует аккумуляцию и возможность применения положительного опыта предыдущих разработок на основе итерационно формируемой и актуализируемой базы данных инженерных решений.

6. Впервые разработана и апробирована новая методика адаптации МРИУС, заключающаяся в целевой модификации их отдельных компонентов аппаратно-программного обеспечения, методического и организационного обеспечения их эксплуатации на основе созданной подпрограммы регистрации и накопления статистических данных о функционировании МРИУС как систем массового обслуживания.

7. На основе отдельных компонентов методологии и методологии в целом создан и внедрен ряд новых опытных и промышленных образцов МРИУС в области автоматизации промышленного, научного и учебного эксперимента, в том числе защищенных патентами РФ на изобретение, с

улучшенными показателями технического уровня относительно ранее известных их аналогов и/или прототипов.

Достоверность и обоснованность результатов и выводов диссертации

Полученные в диссертации автором результаты и выводы являются обоснованными и достоверными, что подтверждается:

- корректным использованием математического аппарата, аналитическим и имитационным моделированием, сопоставлением частных результатов математического моделирования с имеющимися результатами в данной области;

- разработкой действующего программного обеспечения, подтвержденного соответствующими свидетельствами о регистрации программ для ЭВМ в Роспатенте;

- совпадением результатов математического моделирования и натурных экспериментов;

- обсуждением результатов диссертации на международных и отечественных конференциях, научных семинарах, выставках и результатами их практической апробации;

- результатами внедрения и многолетней эксплуатации разработанных образцов МРИУС автоматизации экспериментальных исследований в промышленности и учреждениях отраслевой системы подготовки кадров.

Основные положения и результаты диссертационной работы были представлены и обсуждались на российский и международных конгрессах, конференциях, выставках, научных семинарах и достаточно полно опубликованы соискателем в 75 работах, в том числе: 25 работах, опубликованных в изданиях, рекомендованных ВАК РФ (в том числе, 7 работ в изданиях, индексируемых Scopus и Web of Science); монографии, 7 патентах на изобретение РФ; 15 свидетельствах о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Значимость полученных автором результатов диссертации для развития соответствующей отрасли науки

Теоретическая значимость диссертации состоит в проработке и систематизации результатов предыдущих исследований, их дополнении и комплексировании с вновь разработанными методами, моделями, алгоритмами и методиками в составе единой методологии проектирования

МРИУС автоматизации экспериментальных исследований с улучшенными показателями технического уровня.

Практическая значимость диссертационной работы заключается:

- в создании научных основ построения и совершенствования МРИУС, а также комплекса решений и специализированного программного обеспечения для информационной поддержки процесса их разработки;
- в создании программного и алгоритмического обеспечения процессов испытаний и эксплуатации МРИУС в различных прикладных областях (промышленный, научный и учебный эксперименты);
- в сокращении материальных затрат и повышении информативности процессов автоматизированных испытаний бортовой радиоэлектронной аппаратуры (БРЭА) («Блок управления», «Блок интерфейсный») систем управления космических аппаратов (КА) различного функционального назначения (связи и телевидения, ретрансляции, навигации и др.) на основе созданного и внедренного в производственную деятельность промышленного образца МРИУС (расширение в 2–3 раза перечня обрабатываемых режимов работы);
- в создании на основе ее результатов ряда новых опытных и промышленных образцов МРИУС автоматизации научного и учебного эксперимента, внедрение которых обеспечило сокращение до 10 и более раз затрат на необходимое материально-техническое оснащение лабораторно-исследовательской базы учреждений отраслевой системы подготовки кадров, снижение их накладных расходов в части эксплуатации отводимых под специализированные лаборатории площадей.

Результаты диссертационной работы внедрены в области автоматизации экспериментальных исследований в промышленности и отраслевой системе подготовки кадров, а также в учебный процесс ряда высших учебных заведений, а именно: в практику промышленного проектирования МРИУС автоматизации научных и учебных экспериментальных исследований в Региональном инновационном центре «Центр технологий National Instruments» при СФУ; в производственный процесс испытаний бортовой радиоэлектронной аппаратуры систем управления космических аппаратов АО «ИСС»; в учебный процесс СФУ как компонент инновационных учебно-методических комплексов; в учебный процесс ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Московского института электроники и математики имени А. Н. Тихонова ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономика» и ФГБОУ ВО «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники», что подтверждается соответствующими актами.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Предложенная в диссертации новая предметно-ориентированная методология и входящие в ее состав методы, модели, методики, алгоритмы и программное обеспечение могут быть рекомендованы для практического использования в проектной деятельности промышленных предприятий, научно-исследовательских и научно-образовательных учреждений при создании автоматизированных систем экспериментальных исследований с временным разделением аппаратно-программных ресурсов для различных областей прикладного применения (автоматизация промышленного, научного и учебного экспериментов).

Предложенную методику адаптации МРИУС к изменяющимся условиям эксплуатации целесообразно использовать при сопровождении процессов эксплуатации данных систем по их целевому назначению в различных отраслях (промышленность, наука, образование).

С успешным опытом внедрения и эксплуатации созданных на основе результатов исследования образцов МРИУС автоматизации научного и учебного эксперимента рекомендуется ознакомить учреждения и организации, занимающиеся подготовкой кадров для оборонно-промышленного комплекса и гражданских отраслей промышленности по соответствующим направлениям подготовки. Данные образцы могут быть многократно тиражированы и использованы при подготовке и переподготовке кадров, в том числе на основе технологий онлайн обучения.

С опытом внедрения и эксплуатации образцов МРИУС в области автоматизации испытаний радиоэлектронных средств рекомендуется ознакомить предприятия промышленности, осуществляющих производство наземных и бортовых радиоэлектронных устройств, комплексов, систем.

Теоретические и практические результаты диссертационной работы рекомендуется использовать в качестве основы формирования платформы Интернета вещей (*Internet of Thing*) на основе Международного стандарта ISO/IEC 30141:2018, ориентированной на реализацию сервисной модели доступа к единичным экземплярам специализированного оборудования для проведения эксперимента (*Laboratory as a service*) на базе информационно-коммуникационной сети Интернет.

Разработанные методологию, методику адаптации и примеры их практического применения в области автоматизации промышленного, научного и учебного эксперимента целесообразно включить в учебный процесс высших учебных заведений.

Замечания по диссертационной работе

По диссертации В.А. Комарова имеется несколько замечаний.

1. Соискателем утверждается о возможности использования предложенной имитационной модели для моделирования МРИУС с параллельными каналами обслуживания, однако в тексте работы не приведены алгоритмический и/или математический подходы к реализации данной модели.

2. В тексте диссертации не уделено в должной мере внимания аналитическим моделям динамики функционирования МРИУС автоматизации экспериментальных исследований, реализующим предложенные в диссертации методы повышения оперативности.

3. Автором в автореферате и тексте диссертации не приведены формализованные описания исходных и модернизированных бизнес-процессов экспериментальных исследований, которые бы позволили более наглядно судить об их улучшении по ряду параметров (сокращение длительности, сокращение требуемых ресурсов и пр.) при внедрении созданных и разработанных образцов систем.

4. При решении задачи поиска последовательности обработки заданий в методе оптимизации операций управления автором приводятся результаты его исследования на примере так называемого «жадного» алгоритма. Однако определенный научный интерес могут представлять результаты и сравнительный анализ использования и других известных алгоритмов.

5. Автореферат диссертации несколько превышает рекомендуемые требования по объему представляемой информации.

Однако указанные замечания не снижают научной и практической значимости диссертационного исследования, а также не ставят под сомнение достоверность и обоснованность полученных автором результатов.

Выводы

Диссертационная работа Комарова В.А. представляет собой завершённую научно-квалификационную работу на актуальную тему, в которой автором решена научно-техническая проблема рационального использования технических ресурсов в процессе интенсификации производств в ракетно-космической промышленности и отраслевой системе подготовки кадров, которая имеет важное народнохозяйственное значение. Обозначенная проблема решена за счет усовершенствования научных основ создания МРИУС автоматизации экспериментальных исследований, а также за счет разработки, внедрения и эксплуатации образцов данных систем. Выводы и

рекомендации достаточно обоснованы. Автореферат диссертации достаточно полно отражает ее основное содержание.

Диссертационная работа «Автоматизированные системы экспериментальных исследований с временным разделением аппаратно-программных ресурсов» отвечает требованиям пп.9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а ее автор Комаров Владимир Александрович заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 2.3.3 - Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность).

Диссертационная работа Комарова В.А., автореферат и отзыв ведущей организации были рассмотрены и обсуждены на расширенном заседании кафедры конструирования и производства радиоэлектронных средств РТУ МИРЭА. Присутствовало 17 человек, из них 5 докторов наук (протокол № 15-21 от 16.09.2021 года).

Заведующий кафедрой

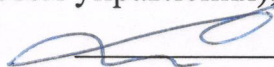
конструирования и производства

радиоэлектронных средств РТУ МИРЭА,

д.т.н. (05.13.05 – Элементы и устройства

вычислительной техники и систем управления),

профессор



Увайсов Сайгид Увайсович

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет» (РТУ МИРЭА).

119454, г. Москва, пр. Вернадского, 78.

Тел. +7 499 215-65-65, email: mirea@mirea.ru

<https://www.mirea.ru>