



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования**

**«Балтийский государственный технический  
университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»  
(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова)**

Санкт-Петербург, 190005, 1-я Красноармейская ул., д. 1  
Тел.: (812) 316-2394, Факс: (812) 490-0591  
E-mail: komdep@bstu.spb.su. www.voenmeh.ru  
ИНН 7809003047

«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор университета  
доктор технических наук, профессор

К.М. Иванов

27.02.2023 2023 г.

27.02.2023 № А5-02/23

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

**ОТЗЫВ**

ведущей организации

на диссертационную работу Ушакова Виталия Анатольевича

«Комбинированные модели и алгоритмы планирования информационных процессов при взаимодействии подвижных объектов», представленную

на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности

2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика».

**I. Актуальность темы диссертации**

Анализ функционирования существующих и перспективных группировок подвижных объектов (ПДО) показывает, что неотъемлемой частью данного процесса является информационное взаимодействие составляющих их элементов и подсистем. Целевые операции современных сложных технических объектов (СТО), в состав которых входят ПДО, сегодня требуют непрерывной информационной поддержки, а нестрогое (эмпирическое) решение задач, возникающих на данном этапе, может привести к таким негативным последствиям как потеря данных и информации, затовариванию складов крупных и средних производственных предприятий, превышению нагрузок на основные и обеспечивающие подсистемы ПДО и т.д.

Другой важной проблемой, связанной с решением задач планирования и программного управления информационными процессами (ИнП) при взаимодействии группировки ПДО, является большое количество подсистем и связей в рассматриваемых большеразмерных динамических объектах, определяющих сложность их функционирования. Традиционно для решения данных задач программного управления широко применяются логико-динамические модели. Однако исследователям в этом случае приходится сталкиваться с целым рядом алгоритмических и вычислительных проблем, связанных с необходимостью учета нестационарности описываемых процессов информационного взаимодействия, их нелинейности, которая возникает при задании технологических ограничений типа «И», «ИЛИ», «АЛЬТЕРНАТИВНОЕ ИЛИ», а также ограничений, вызванных разрывностью операций. К настоящему времени разработано большое количество подходов, позволяющих на конструктивном уровне преодолеть

перечисленные проблемы. Вместе с тем, при увеличении размерности решаемых задач планирования информационных процессов (ИнП) в ходе функционирования ПдО затраты времени на получение соответствующих планов начинают возрастать. В этих условиях необходимо искать альтернативные пути решения задач синтеза технологий и программ управления ИнП при взаимодействии ПдО.

Таким образом, тематика рассматриваемой диссертационной работы, посвященная разработке комбинированных моделей и алгоритмов планирования ИнП при взаимодействии группировки ПдО на основе использования фундаментальных и прикладных результатов, полученных в теории оптимального управления и исследовании операций, является **новой и актуальной** и имеет важное значение для проведения дальнейших перспективных исследований в различных предметных областях (промышленное производство, авиация, космонавтика, робототехника).

## **II. Научная новизна и основные результаты исследований**

Соискателем в диссертационной работе были получены следующие новые научные результаты:

1. Разработан оригинальный полимодельный (многомодельный) комплекс, описывающий процессы программного управления различными ИнП, происходящими при взаимодействии группировки ПдО, а именно процессы программного управления операциями приема, передачи, обработки, хранения данных и информации. Новизна и основное отличие предложенного полимодельного комплекса состоит в том, с его помощью удалось согласовать на алгоритмическом уровне два различных математических описания, научные основы которых были разработаны в исследовании операций (для описания статической модели планирования) и теории оптимального управления (для описания динамической модели планирования) что, в конечном итоге, позволило обеспечить на практике эффективную реализацию общей концепции и технологии комплексного моделирования применительно к исследуемым в диссертации управленческим процессам.

2. В диссертации предложена оригинальная интерактивная многоэтапная итерационная процедура поиска планов (для статической модели) и программ управления (для динамической модели) ИнП при взаимодействии группировки ПдО. Главное достоинство данной итерационной процедуры состоит в том, что для гарантированного обеспечения ее сходимости необходимо варьировать минимальным количеством параметров, в качестве которых были выбраны значения объемов переданной и обработанной информации при взаимодействии группировки ПдО на заданном интервале планирования.

3. К числу новых научных результатов, полученных в диссертации, можно отнести комбинированное использование алгоритма оценивания робастности (нечувствительности) синтезированных планов к интервально заданным возмущающим воздействиям на основе анализа значений двойственных переменных в оптимизационной задаче линейного программирования (для статической модели планирования), а также алгоритма расчета и оценивания параметров аппроксимированных областей достижимости в пространстве целевых показателей, полученных для различных программ управления ИнП (для динамической модели планирования).

### **III. Практическая ценность результатов исследований**

Практическая ценность результатов диссертационных исследований состоит в том, что они получили широкую и разностороннюю реализацию в авиационной, космической и образовательной предметных областях.

Результаты практической реализации предложенных моделей и алгоритмов оптимального планирования ИнП при взаимодействии группировки ПдО позволяют провести оптимальное оперативное планирование синтезируемых программ информационного взаимодействия ПдО, а также провести оценивание их робастности по отношению к различным сценариям реализации возмущающих воздействий.

Благодаря применению разработанного специального модельно-алгоритмического обеспечения (СМАО) удалось уменьшить объем потерянных данных и увеличить объем обработанных данных, полученных конечными потребителями как при управлении группировкой малых космических аппаратов, так и при организации взаимодействия интеллектуальных транспортных технических средств в отечественных аэропортах.

Также результаты данного диссертационного исследования были использованы при выполнении гранта РФФИ «Аспиранты» в рамках научного проекта № 19-38-90221 (2019-2022 годы).

### **IV. Достоверность и обоснованность основных результатов исследований**

Основные положения, выводы и результаты, полученные в диссертации, достаточно обоснованы и аргументированы. Сформулированная в диссертации научно-техническая задача разработки комбинированных моделей и алгоритмов планирования ИнП при взаимодействии ПдО была исследована и решена на основе корректного использования фундаментальных концепций, принципов и подходов, используемых в системном анализе, в теории расписаний, в современной теории оптимального управления СТО (в том числе, с использованием принципа максимума Л.С. Понтрягина), в исследовании операций (в том числе, с использованием методов непрерывного и целочисленного математического программирования), а также в теории оценивания качества моделей и полимодельных комплексов (в квалиметрии моделей и полимодельных комплексов).

Достоверность основных выводов и результатов диссертации подтверждается:

- всесторонним анализом отечественных и зарубежных публикаций в рамках исследуемой предметной области и при решении задачи планирования ИнП при взаимодействии группировок ПдО;
- обзором российских и иностранных публикаций в рамках исследуемой предметной области;
- результатами решения задачи планирования ИнП при взаимодействии ПдО с использованием математического аппарата исследования операций и современной теории оптимального управления;
- положительными результатами внедрения основных научных положений диссертации в различных предметных областях.

### **V. Теоретическая значимость результатов диссертационного исследования**

Теоретическая значимость диссертации заключается в разработке и широкой научно-практической реализации системно-кибернетического подхода, методологии и

технологий комплексного моделирования и проактивного (упреждающего) управления, а также соответствующего СМАО решения задач оптимального планирования ИнП при взаимодействии группировки ПдО.

Разработанные диссертантом новые модели и комбинированный алгоритм базируются на фундаментальных и прикладных результатах, полученных к настоящему моменту времени в междисциплинарной отрасли системных знаний в таких ее базовых научных направлениях как системология, неокибернетика и информатика.

Полученные результаты исследования носят системный характер и заключаются в разработке нового СМАО решения задач многокритериального поиска оптимальных планов функционирования группировки ПдО, которое должно войти в состав интеллектуального ядра перспективного программно-математического обеспечения решения проблем автоматизации принятия решений.

#### **VI. Практическая значимость диссертационного исследования**

Разработанные в диссертации методологические, методические, программно-технологические основы решения задач разработки комбинированных моделей и алгоритмов планирования ИнП при взаимодействии группировки ПдО позволяют на практике перейти на качественно новый уровень автоматизации и интеллектуализации поддержки принятия решения при управлении СТО и, в частности ПдО. Это подтверждается актами реализации из следующих организаций: ФГАОУ ВО ГУАП, ФГБУН СПб ФИЦ РАН, АО «НИО ЦИТ «Петрокомета» и соответствующими положительными эффектами, полученными в ходе указанных реализаций.

*В целом научная и практическая значимость полученных в диссертации результатов для развития отрасли технических наук состоит в разработке нового СМАО планирования ИнП при взаимодействии группировки ПдО, включающего взаимосвязанный комплекс оригинальных статических и динамических моделей планирования указанных процессов, а также комбинированные алгоритмы многокритериального синтеза технологий и программ управления операциями приема, передачи, обработки и хранения информации о состоянии контролируемых объектов. Данное СМАО имеет унифицированный и многофункциональный характер и может после соответствующей доработки успешно использоваться в различных предметных областях, где применяются разнотипные группировки ПдО (робототехника, промышленное производство, транспортно-логистические комплексы, авиакосмические и военные приложения). Еще одно весомое подтверждение значимости результатов, полученных соискателем в диссертации, для развития отрасли технических наук заключается в их использовании при выполнении ОКР «Русь», связанной с созданием и применением единого виртуального электронного паспорта космической ракеты-носителя «Союз-2». Данные результаты (СМАО и его программная реализация) позволили повысить оперативность, точность и обоснованность управленческих решений перечисленных в диссертации задач по сравнению с традиционными подходами.*

#### **VII. Общая оценка содержания диссертации, полнота опубликованных результатов и соответствие паспорту специальности**

Научные положения диссертации Ушакова В.А. опубликованы в 17 научных трудах. Отдельно отметим 5 публикаций в рецензируемых журналах из «Перечень

рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук» и 5 публикаций, которые прошли индексацию в реферативной базе данных SCOPUS/WoS. Полученные автором основные результаты также обсуждались на ряде международных, национальных научных конференциях и семинарах.

Автореферат полно и правильно отражает основные положения и результаты диссертационной работы.

### **VIII. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

Проведенные исследования необходимо продолжить в направлении расширения практических возможностей разработанного в диссертации полимодельного описания задачи планирования (программного управления) ИнП при взаимодействии группировки ПдО, а также соответствующих алгоритмов планирования и программного управления ИнП:

1. Разработанные статические и динамические модели, комбинированный алгоритм целесообразно рекомендовать к использованию в проектных организациях, занимающихся созданием систем управления СТО, предоставляющими информационные услуги; предприятий, переходящих на удаленный режим работы; компаний, оказывающих услуги облачных вычислений и хранения больших объемов данных (СПб ГУП ИАЦ, ЦТСС, НИИ КС и др.).

2. Предложенный комплексный подход к решению задач оптимального планирования функционирования группировки ПдО, а также соответствующее СМАО целесообразно далее применять при автоматизации процессов проактивного управления СТО, которые разрабатываются профильными научными организациями РАН: ФИЦ ИУ РАН, ИПУ РАН и др.

3. Разработанное СМАО может быть использовано при подготовке учебно-методических комплексов по дисциплинам «Управление данными», «Информационные технологии в управлении», «Теория информации, данные знания», а также для обеспечения выполнения учебных планов по специальностям «Информационные системы и технологии», «Информатика и вычислительная техника» подготовка по которым ведется в СПбПУ им. Петра Великого, ГУАП, СПбГЭТУ «ЛЭТИ», МАИ и т.д.

### **IX. Недостатки диссертации**

1. Построенная в результате решения нестационарной большеразмерной задачи теории расписаний программа управления ИнП на практике далеко не всегда может быть в полном объеме реализована из-за воздействия различных возмущающих факторов. В диссертационной работе не рассматриваются возможные подходы к решению задач коррекции программ управления ИнП при взаимодействии группировки маломассоразмерных космических аппаратов и группировки интеллектуальных транспортно-технических средств на этапе эксплуатации.

2. Из текста диссертации следует, что при разработке детальных планов функционирования группировки ПдО решаются двухточечные краевые задачи, к которым с помощью принципа максимума Л.С. Понтрягина сводятся исходные задачи теории

расписаний. Вместе с тем в диссертации не приводятся оценки сходимости разработанных алгоритмов.

3. В тексте работы отсутствуют подробные сведения как проходит дискретизация интервала планирования на участки постоянства структуры для функционирования предлагаемых моделей и алгоритмов.

4. Разработанная обобщенная процедура планирования ИнП при взаимодействии ПдО с использованием комбинированных моделей предполагает привлечение лица, принимающего решение (ЛПР). Однако в тексте диссертации не приведены оценки влияния предпочтений отдельных ЛПР на выбор оптимального плана выполнения ИнП при взаимодействии группировки ПдО.

В целом приведенные недостатки не снижают научный уровень представленного материала, не опровергают и не ставят под сомнение достоверность и значимость основных научных результатов, полученных в рассматриваемой диссертационной работе.

## **Х. Заключение**

Диссертационная работа Ушакова В.А. на тему «Комбинированные модели и алгоритмы планирования информационных процессов при взаимодействии подвижных объектов»: 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика» является законченной научно-квалификационной работой.

Диссертация Ушакова В.А. характеризуется новизной, актуальностью, теоретической значимостью и практической ценностью результатов. Результаты являются достоверными и научно обоснованными. В работе успешно решена актуальная научно-техническая задача разработки комбинированных моделей и алгоритмов планирования информационных процессов при взаимодействии подвижных объектов.

Диссертационная работа Ушакова В.А. по содержанию, научному уровню и степени завершенности исследования соответствует критериям п.п. 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в редакции Постановления Правительства Российской Федерации от 26.09.2022), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Ушаков Виталий Анатольевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика».

Диссертационная работа и отзыв обсуждены и одобрены на расширенном научном семинаре кафедры «Динамики и управления полетом летательных аппаратов» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Балтийский государственный технический университет "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова», на котором присутствовало 12 сотрудников, протокол № А5-02 от "21" февраля 2023 г.

Заведующий кафедрой «Динамики и управления полетом летательных аппаратов» Балтийского государственного технического университета «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, Заслуженный работник Высшей школы РФ, член-корреспондент Российской Академии ракетных и артиллерийских наук, доктор технических наук, профессор

О.А. Толпегин

*Сведения о составителе отзыва:*

ФИО: Толпегин Олег Александрович

уч. степень, уч. звание: доктор технических наук, профессор

Адрес: 190005, Санкт-Петербург, ул. 1-ая Красноармейская, д. 1

Тел: 8(812) 495-76-30

e-mail: komdep@bstu.spb.su