

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК» (СПб ФИЦ РАН)**

14 линия В.О., д. 39, Санкт-Петербург, 199178

Телефон: (812) 328-34-11, факс: (812) 328-44-50, E-mail: info@spcras.ru, https://spcras.ru/
ОКПО 04683303, ОГРН 1027800514411, ИНН/КПП 7801003920/780101001

УТВЕРЖДАЮ

Директор СПб ФИЦ РАН,

д-р техн. наук,

профессор РАН

_____ А.Л. Ронжин

11.11

_____ 2022 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**Федерального государственного бюджетного учреждения науки
«Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр
Российской академии наук» (СПб ФИЦ РАН)**

по диссертации Ушакова Виталия Анатольевича «Комбинированные методы и алгоритмы планирования информационных процессов при взаимодействии подвижных объектов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 — Системный анализ, управление и обработка информации, статистика

Диссертация «Комбинированные методы и алгоритмы планирования информационных процессов при взаимодействии подвижных объектов» выполнена в лаборатории информационных технологий в системном анализе и моделировании Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук» (СПб ФИЦ РАН).

Ушаков Виталий Анатольевич в 2017 году окончил магистратуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» по направлению подготовки 09.04.02 «Информационные системы и технологии». В 2021 году соискатель завершил обучение в очной аспирантуре в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук» (СПб ФИЦ РАН). Диплом об окончании аспирантуры 107805 0010485 выдан 30 июня 2021 года СПб ФИЦ РАН.

Научный руководитель — Соколов Борис Владимирович, Заслуженный деятель науки РФ, Лауреат премии правительства РФ в области науки и техники, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, руководитель лаборатории информационных технологий в системном анализе и моделировании СПб ФИЦ РАН.

По результатам рассмотрения диссертации «Комбинированные методы и алгоритмы планирования информационных процессов при взаимодействии подвижных объектов» принято следующее заключение:

Оценка выполненной соискателем работы:

В диссертационной работе выполнен детальный анализ и приведена классификация существующих подходов к решению задач планирования информационных процессов при функционировании группировки подвижных объектов, а также декомпозиция указанной задачи. Проведена разработка полимодельного описания на основе согласованного и корректного использования математического аппарата исследования операций и ТОУ. Разработанное полимодельное описание реализовано на программном уровне в виде прототипа специального модельно-алгоритмического обеспечения решения указанной задачи. Выполнены экспериментальные исследования по апробации разработанного программного прототипа на примере двух прикладных задач оперативного оптимального планирования информационных процессов при взаимодействии группировки маломассоразмерных космических аппаратов и при взаимодействии группировки интеллектуальных наземных транспортно-технических средств в пространстве аэропорта.

Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации:

Содержание диссертации и основные положения, выносимые на защиту, отражают личный вклад автора в опубликованных работах. Публикация полученных результатов проводилась совместно с научным руководителем Соколовым Б.В. и сотрудниками лаборатории информационных технологий в системном анализе и моделировании СПб ФИЦ РАН, причем вклад диссертанта был существенным. Представленные к защите результаты получены лично автором.

Степень достоверности результатов проведенных исследований:

Достоверность научных положений, основных выводов и результатов диссертации подтверждается анализом состояния исследований в данной предметной области, согласованностью теоретических выводов с результатами экспериментальной проверки алгоритмов, а также апробацией основных теоретических положений диссертации в печатных трудах и докладах на международных и российских научных специализированных конференциях: 8th and 9th Computer Science On-line Conference (CSOC) (Онлайн, Злин, Чехия, 2019, 2020 гг.); XIII Всероссийское совещание по проблемам управления (ВСПУ-2019) (ИПУ РАН, Москва, 2019 г.); The European Modeling and Simulation Symposium 2020 (EMSS-2020) (Онлайн, Греция 2020 г.); 19-я Международная конференция «Авиация и космонавтика» (Онлайн, МАИ, Москва, 2020 г.); научный семинар «Модели и методы исследования информационных систем на транспорте» (Онлайн, ПГУПС, г. Санкт-Петербург, 2020 г.); XLV Академические чтения по космонавтике «КОРОЛЁВСКИЕ ЧТЕНИЯ» (Онлайн, МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 2021 г.); XII молодежная школа-семинар «Управление и обработка информации в технических системах» (Онлайн, Южный федеральный университет, п. Нижний Архыз – п. Домбай, Карачаево-Черкесская Республика, 2021 г.); XXV международная научная и учебно-практическая конференция «Системный анализ в проектировании и управлении» (SAEC-2021) (СПбПУ, Санкт-Петербург, 2021 г.); международный форум «Математические методы и модели в высокотехнологичном производстве» (ГУАП, Санкт-Петербург, 2021 г.); IV международный семинар по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (ИДСТУ СО РАН, Иркутск, 2022 г.).

Научная новизна полученных результатов:

На основе анализа структурных особенностей задачи планирования ИнП при взаимодействии ПдО, которая в диссертации сформулирована как большеразмерная

нестационарная многокритериальная задача теории расписаний и описана в терминах теории оптимального программного управления, предложена ее последовательная декомпозиция на задачу агрегированного планирования операций, входящих в ИнП без привязки их ко времени и задачу детального планирования указанных операций с привязкой ко времени. Достоинство данной декомпозиции состоит в том, что при ее реализации с использованием соответствующих моделей и алгоритмов удается на конструктивном уровне учесть все основные пространственно-временные, технические и технологические ограничения, связанные с функционированием Гр ПдО, при формальном описании которых в рамках исходной постановки задачи возникают трудности.

Разработан новый вариант интеграции статических и динамических моделей (СМ и ДМ) планирования ИнП на основе использования математического аппарата исследования операций и теории оптимального управления (ТОУ). Оригинальность и новизна разработанных моделей состоит в том, что удается взаимно компенсировать недостатки и ограничения каждой из перечисленных моделей, усилив при этом их достоинства. Так в предложенной статической модели планирования ИнП просто учитываются такие факторы, как потери данных, а также ограничения, связанные с разрывностью выполняемых операций. В динамической модели проводится детальное описание процессов распределения и обработки данных с привязкой к конкретным моментам времени, что затруднительно описать в статической модели.

Предложены комбинированные алгоритмы планирования информационных процессов при взаимодействии подвижных объектов, включающие в себя алгоритм решения большеразмерной задачи линейного программирования с ограничениями, имеющими блочно-диагональную структуру, а также алгоритм, решения задачи оптимального программного управления (планирования), базирующийся на методе последовательных приближений Крылова-Черноусько. Данные алгоритмы положены в основу реализации последовательной декомпозиции исходной большеразмерной задачи планирования информационных процессов по числу подынтервалов постоянства структуры, а также обеспечить на конструктивном уровне взаимодействие между этими декомпозированными задачами (моделями) на основе обобщенной интерактивной многоэтапной итерационной процедуры, в которой качестве параметров координации используются краевые условия и сопряженные переменные.

Разработан программный прототип специального модельно-алгоритмического обеспечения (СМАО) решения задач оперативного планирования информационных процессов при взаимодействии подвижных объектов, позволяющий в отличие от существующих программ планирования осуществлять одновременно как синтез наилучшего плана (технологии) приема, передачи, хранения и обработки данных и информации при взаимодействии подвижных объектов, так и программ оптимального управления информационными процессами в рамках рассматриваемого взаимодействия.

Практическая значимость полученных результатов:

Разработанное специальное модельно-алгоритмическое обеспечение и реализованное в виде программного прототипа применялось при решении научно-исследовательских задач в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук» (СПб ФИЦ РАН), в учебном процессе Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» (ГУАП), а также при решении прикладной задачи в Акционерном обществе «Научно-исследовательский и опытно-экспериментальный центр интеллектуальных технологий «ПЕТРОКОМЕТА». Получены соответствующие акты внедрения.

Специальность, которой соответствует диссертация

Работа соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 — Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем
Основные результаты диссертации изложены в достаточной полноте в следующих 17 научных публикациях:

1. Захаров, В.В. Динамический подход к планированию модернизации автоматизированных систем управления производственными объектами / В.В. Захаров, **В.А. Ушаков** // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2019. Т. 62. № 6. – С. 585–588. DOI: [10.17586/0021-3454-2019-62-6-585-588](https://doi.org/10.17586/0021-3454-2019-62-6-585-588). («Перечень ВАК»).
2. Крылов, А.В. Методологические и методические основы создания и использования интегрированных систем поддержки принятия решений / А.В. Крылов, М.Ю. Охтилев, В.А. Соболевский, Б.В. Соколов, **В.А. Ушаков** // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2020. Т. 63. № 11. – С. 963–974. DOI: [10.17586/0021-3454-2020-63-11-963-974](https://doi.org/10.17586/0021-3454-2020-63-11-963-974). («Перечень ВАК»).
3. **Ушаков, В.А.** Модельно-алгоритмическое обеспечение оперативного оценивания и анализа показателей качества управления информационными процессами // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2021. Т. 64. № 8. – С. 688–692. DOI: [10.17586/0021-3454-2021-64-8-688-692](https://doi.org/10.17586/0021-3454-2021-64-8-688-692). («Перечень ВАК»).
4. **Ушаков, В.А.** Модели и алгоритмы управления информационными процессами при взаимодействии подвижных объектов / В.А. Ушаков // Морские интеллектуальные технологии. – 2022. № 3 часть 1. – С. 235–247. DOI: [10.37220/MIT.2022.57.3.031](https://doi.org/10.37220/MIT.2022.57.3.031). («Перечень ВАК», WoS).
5. Мурашов, Д.А. Постановка и анализ путей решения задачи синтеза программ управления и параметров информационно-вычислительной сети на основе полимодельного описания / Д.А. Мурашов, **В.А. Ушаков** // Авиакосмическое приборостроение. – 2022. № 8. – С. 23–32. DOI: [10.25791/aviakosmos.8.2022.1293](https://doi.org/10.25791/aviakosmos.8.2022.1293). («Перечень ВАК»).
6. Sokolov, B. Model-algorithmic Support for Abilities Calculating of Control System Based on Projection Operators / B. Sokolov, **V. Ushakov** // Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2019. Vol. 986. – P. 342–348. DOI: [10.1007/978-3-030-19813-8_35](https://doi.org/10.1007/978-3-030-19813-8_35). (SCOPUS Q3, WoS).
7. **Ushakov, V.** Approximation a Reachability Area in the State Space for a Discrete Task / V. Ushakov // Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2020. Vol. 1226. – P. 617–624. DOI: [10.1007/978-3-030-51974-2_57](https://doi.org/10.1007/978-3-030-51974-2_57). (SCOPUS).
8. Kofnov, O. The synthesis of the control function in optimal tasks as a N-dimensional area using parallel projection on 2D plane / O. Kofnov, B. Sokolov, **V. Ushakov** // Proceedings of the 32nd European Modeling & Simulation Symposium (EMSS 2020). – 2020. – Pp. 262–269. DOI: [10.46354/i3m.2020.emss.037](https://doi.org/10.46354/i3m.2020.emss.037). (SCOPUS).
9. Sokolov, B. Formation Reachability Area as a Data Vector Using a Dynamic Model for Controlling Information Processes in the Automated Control System for Moving Objects / B. Sokolov, **V. Ushakov** // CEUR Workshop Proceedings. – 2020. Vol. 2803. – Pp. 67–75. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2803/paper10.pdf>. (SCOPUS).
10. Соколов, Б.В. Модели и алгоритмы оперативного планирования информационных процессов в динамической сети, образованной подвижными объектами / Б.В. Соколов, **В.А. Ушаков** // Труды Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского. – 2022. № 683. – С. 29–36.
11. **Ушаков В.А.** Области достижимости и проектирующие операторы в задачах оптимального управления / В.А. Ушаков // XIII Всероссийское совещание по проблемам управления (ВСПУ–2019) : Труды (Москва, 17–20 июня 2019 г.). / Под

общ. ред. Д.А.Новикова. – М.: ИПУ РАН – 2019. – С. 1037–1042.
DOI: [10.25728/vspu.2019.1037](https://doi.org/10.25728/vspu.2019.1037).

12. **Ушаков, В.А.** Алгоритм планирования информационных процессов в автоматизированной системе управления подвижными объектами / В.А. Ушаков // Перспективные системы и задачи управления : Материалы XVI Всероссийской научно-практической конференции и XII молодежной школы-семинара «Управление и обработка информации в технических системах». – Таганрог : ИП Марук М.Р., – 2021. – С. 327–330.
13. Соколов, Б.В. Динамическая модель и алгоритм управления приема, передачи и обработки информации в автоматизированной системе управления подвижными объектами / Б.В. Соколов, **В.А. Ушаков** // Технологические тренды и наукоемкая экономика: бизнес, отрасли, регионы : монография. – СПб.: Астерион, – 2021. – С. 92–109.
14. **Ушаков, В.А.** Разработка статической модели управления структурной динамикой автоматизированной системы управления подвижными объектами / В.А. Ушаков // XLV Академические чтения по космонавтике, посвященные памяти академика С.П. Королева и других выдающихся отечественных ученых – пионеров освоения космического пространства : сборник тезисов в 4 т. (Москва, 30 марта – 2 апреля 2021 г.). – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, – 2021. Т. 3. – С. 55–57.
15. **Ушаков, В.А.** Оценка робастности динамической модели управления информационными процессами в автоматизированной системе управления подвижными объектами / В.А. Ушаков // Научная сессия ТУСУР–2021: сборник избранных статей (Томск, 19–21 мая 2021 г.): в 3 частях.–Томск: В-Спектр, – 2021. Ч. 2. – С. 176–179.
16. **Ушаков, В.А.** Полимодельное описание и алгоритмы оперативного программного управления информационными процессами на динамических сетях / В.А. Ушаков, Б.В. Соколов, А.А. Тюгашев // Системный анализ в проектировании и управлении: сборник научных трудов XXV Международной научной и учебно-практической конференции (Санкт-Петербург, 13–14 октября 2021 г.). – СПб.: Политех-пресс, – 2021. Ч. 3. – С. 75–81. DOI: [10.18720/SPBPU/2/id21-357](https://doi.org/10.18720/SPBPU/2/id21-357).
17. **Ушаков, В.А.** Построение областей достижимости в пространстве возмущений для оценивания робастности планов информационного взаимодействия группировки подвижных объектов / В.А. Ушаков // Материалы IV Международного семинара по информационным, вычислительным и управляющим системам для распределенных сред (Иркутск, 4–8 июля 2022 г.). – Иркутск: Изд-во ИДСТУ СО РАН, – 2022. – С. 127–129.

Ценность научных работ соискателя заключается в том, что они раскрывают результаты решения актуальной научно-технической задачи разработки комбинированных моделей и алгоритмов планирования информационных процессов при взаимодействии подвижных объектов, а также обеспечивают воспроизводимость полученных научных результатов.

Диссертационная работа соответствует требованиям пунктов 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842 (ред. от 11.09.2021).

Диссертация **«Комбинированные методы и алгоритмы планирования информационных процессов при взаимодействии подвижных объектов»** Ушакова Виталия Анатольевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 — Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Заключение принято на расширенном семинаре лабораторий информационных технологий в системном анализе и моделировании и теоретических и междисциплинарных проблем информатики Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук». Присутствовало на заседании 14 чел. Результаты голосования: «за» — 14 чел., «против» — 0 чел., «воздержалось» — 0 чел., протокол №3 от 09.11.2022 г.

Заместитель директора СПб ФИЦ РАН
по научной работе
д-р техн. наук,
профессор РАН

Кулешов Сергей Викторович

Старший научный сотрудник
лаборатории информационных
технологий в системном анализе
и моделировании,
канд. техн. наук

Захаров Валерий Вячеславович