

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.199.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО
ИНСТИТУТА ИНФОРМАТИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 02.07.2020 г. № 1

О присуждении Потрясаеву Семену Алексеевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Синтез технологий и комплексных планов управления информационными процессами в промышленном интернете» по специальностям 05.13.11 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей и 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (технические системы) принята к защите 27 января 2020 г., протокол № 1 диссертационным советом Д 002.199.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации Российской академии наук, Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 199178, Россия, Санкт-Петербург, 14 линия ВО, дом 39, утвержден приказом Рособнадзора номер 2472-618 от 8 октября 2010 года (с изменениями согласно приказам Минобрнауки России №105/нк от 11 апреля 2012 г. №574/нк от 15 октября 2014 г., № 386/нк от 27 апреля 2017 г., №748/нк от 12 июля 2017 г., №301/нк от 23 ноября 2018 г.).

Соискатель Потрясаев Семен Алексеевич, 1982 года рождения, диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук на тему «Динамическая модель и алгоритмы комплексного планирования операций и распределения ресурсов в корпоративной информационной системе» защитил в 2009 году в диссертационном совете Д 002.199.01, созданном на базе Учреждения Российской

академии наук Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации РАН. В настоящее время Потрясаев Семен Алексеевич работает старшим научным сотрудником лаборатории информационных технологий в системном анализе и моделировании Федерального государственного бюджетного учреждения науки Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации Российской академии наук Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена в лаборатории информационных технологий в системном анализе и моделировании Федерального государственного бюджетного учреждения науки Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации Российской академии наук (СПИИРАН) Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный консультант – доктор технических наук, профессор СОКОЛОВ Борис Владимирович, основное место работы: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской академии наук, главный научный сотрудник – руководитель лаборатории информационных технологий в системном анализе и моделировании.

Официальные оппоненты:

МЕЩЕРЯКОВ Роман Валерьевич, доктор технических наук, профессор. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова Российской академии наук, главный научный сотрудник лаборатории №80 «Киберфизических систем»;

БАСЫРОВ Александр Геннадьевич, доктор технических наук, профессор. Федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего образования «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского», начальник кафедры информационно-вычислительных систем и сетей;

ГРОМОВ Виктор Никифорович, доктор технических наук, профессор. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», профессор Высшей школы киберфизических систем и управления.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова», г. Санкт-Петербург в своем положительном отзыве, подписанном Толпегиним Олегом Александровичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой динамики и управления полетом летательных аппаратов и утвержденном Ивановым Константином Михайловичем, доктором технических наук, профессором, ректором, указала, что в целом диссертация С.А. Потрясаева является завершенной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые, научно обоснованные методологические и методические разработки, внедрение которых вносит значительный вклад в решение крупной междисциплинарной проблемы синтеза технологий и комплексных планов управления информационными процессами в киберфизических системах и промышленном интернете. Автором в диссертации представлено успешное решение крупной научно-технической проблемы, заключающейся в разработке методологических, методических, программно-технологических основ решения задач управления информационными процессами, которые позволяют на практике перейти на новый качественный уровень автоматизации и интеллектуализации поддержки принятия решения при управлении территориально-распределённой обработкой и использованием полученных данных в промышленном интернете в интересах повышения его эффективности.

Разработанные модели, методы и технологии системного моделирования процессов синтеза технологий и программ управления информационными процессами в промышленном интернете при различных сценариях воздействия внешней среды целесообразно рекомендовать к использованию в проектных организациях, занимающихся созданием систем управления бортовой аппаратуры автономных космических аппаратов, в частности, в Федеральном государственном унитарном предприятии (ФГУП) «НПЦ «Полюс» (г. Томск), систем диагностики и мониторинга состояния электротехнического оборудования в ФГУП «ПО «Север» (г. Новосибирск), в Сибирском государственном аэрокосмическом университете имени академика М.Ф. Решетнева (г. Красноярск), в Институте информатики и телекоммуникаций (г. Красноярск), в филиале акционерного общества «Государственный космический научно-производственный центр имени М.В.

Хруничева» – Научно-исследовательского института космических систем имени А.А. Максимова.

Разработанные методы и алгоритмы решения задач оценивания возможностей и обеспечения устойчивости проактивного управления информационными процессами в промышленном интернете могут быть использованы при разработке и внедрении распределенных интеллектуальных систем обеспечения безопасности в интересах МВД РФ, ФСБ РФ, ОАО РЖД, других крупных транспортных и логистических систем, охранных организаций.

Предложенная сервис-ориентированная архитектура, состав, структура и варианты функционирования программных комплексов синтеза технологий и планов управления информационными процессами в промышленном интернете, а также программный комплекс решения задач синтеза технологий и комплексных планов управления информационными процессами в промышленном интернете целесообразно применять при автоматизации процессов проактивного управления динамическими системами, разрабатываемых профильными научными организациями РАН, занимающимися исследованиями в критических приложениях: транспортные и логистические системы, информационная и компьютерная безопасность, атомная энергетика и др. (ИПИ РАН, ИПУ РАН, ФИЦ ИУ РАН).

Предложенные теоретические и методологические разработки могут быть использованы при подготовке учебно-методических комплексов по дисциплинам «Системный анализ», «Теория принятия решений», «Информатика и вычислительная техника» для обеспечения учебных планов специальностей «Автоматизированные системы обработки информации и управления», «Программное обеспечение вычислительной техники».

Текст автореферата соответствует содержанию диссертации. Диссертационное исследование «Синтез технологий и комплексных планов управления информационными процессами в промышленном интернете» является завершенной научно-квалификационной работой и соответствует требованиям п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г., предъявляемых к докторским диссертациям, а ее автор, Потрясаев Семен Алексеевич, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальностям 05.13.11 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин,

комплексов и компьютерных сетей, 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (технические системы).

Соискатель имеет более 130 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 105 работ, из них: 26 статей в изданиях, рекомендованных ВАК для опубликования основных результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора технических наук, 38 статей в изданиях, зарегистрированных в SCOPUS, 19 статей – в Web of Science, остальные публикации – в научно-технических журналах и сборниках научных трудов, имеется 5 патентов РФ, 5 свидетельств государственной регистрации ПрЭВМ.

Основные научные результаты опубликованы в 105 научных трудах общим объемом 88,75 п.л., из которых 87 статей объемом 82,17 п.л., выполнены в соавторстве, а 8 статей объемом 6,58 п.л. – лично. Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. **Потрясаев С.А.** Математическое и программное обеспечение синтеза технологий и планов работы киберфизических систем // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2018. Т. 61, № 11. С. 939-946.
2. **Потрясаев С.А.**, Соколов Б.В., Юсупов Р.М. Содержательное и формальное описание проблемы структурно-функционального синтеза и управления развитием информационной системы наземно-космического мониторинга // Труды СПИИРАН. 2013. № 5 (28). С. 82–106. *Личный вклад автора – 45%*
3. Гниденко А.С., **Потрясаев С.А.**, Ростова Е.Н. Модели и алгоритмы оценивания устойчивости планов функционирования сложных технических объектов // Информатизация и связь. 2019. № 2. С. 103-111. *Личный вклад автора - 50%*
4. Бураков В.В., Зеленцов В.А., **Потрясаев С.А.**, Соколов Б.В., Калинин В.Н. Методологические и методические основы оценивания и выбора эффективных технологий автоматизированного управления активными подвижными объектами на основе комплексного моделирования // Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2016. Т. 8. № 3. С. 6-12. *Личный вклад автора - 30%*

5. **Потрясаев С.А.** Комплексное моделирование сложных процессов на основе нотации BPMN // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2016. №11. С. 913-920.
6. **Potryasaev S.A.** Integrated Modelling of Complex Processes on Basis of BPMN // Proceedings - 31st European Conference on Modeling and Simulation ECMS 2017 / Corvinus University Budapest, Corvinus Business School; FEMALK Zrt. 2017. Pp. 209–214.
7. Alabyan A. M., Krylenko I. N., **Potryasaev S.A.** et al. Development of intelligent information systems for operational river-flood forecasting // Herald of The Russian Academy of Sciences. 2016. JAN. Vol. 86, no. 1. Pp. 24–33. *Личный вклад автора - 30%*.
8. Кулаков А.Ю., Павлов А.Н., **Потрясаев С.А.**, Соколов Б.В. Методы, алгоритмы и технологии реконфигурации бортовых систем маломассоразмерных космических аппаратов // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2018. Т. 61. № 7. С. 596–603. *Личный вклад автора - 40%*
9. **Potryasaev S.A.**, Sokolov B.V., Ivanov D.A. Control Theory Application to Spacecraft Scheduling Problem // 2014 International Conference on Computer Technologies in Physical and Engineering Applications (ICCTPEA) / edited by Veremey, EI; Saint Petersburg State University; IEEE Russia NW Sect. IEEE, 2014. Pp. 145–146. *Личный вклад автора - 50%*
10. Teilans A.A., Romanovs A.V., Merkuryev Yu.A., Dorogovs P.P., Kleins A.Ya., **Potryasaev S.A.** et al. Assessment of cyber physical system risks with domain specific modelling and simulation // Труды СПИИРАН. 2018. № 4 (59). С. 115-139. *Личный вклад автора - 30%*
11. **Potryasaev S.A.**, Merkuryev Y., Sokolov B.V. et al. Advanced river flood monitoring, modelling and forecasting // Journal of computational science. 2015. SEP. Vol. 10. Pp. 77–85. *Личный вклад автора - 40%*
12. **Потрясаев С.А.** Синтез сценариев моделирования структурной динамики АСУ активными подвижными объектами // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2014. Т. 57. №11. С. 46-52.

13. Sokolov B.V., **Potryasaev S.A.**, Zelentsov V.A. at al. Complex objects remote sensing monitoring and modeling for port maritime management // International Conference on Harbour, Maritime and Multimodal Logistics Modelling and Simulation. 2013. Vol. 1. Pp. 112–118. *Личный вклад автора - 30%*
14. Зеленцов В.А., **Потрясаев С.А.** Архитектура и примеры реализации информационной платформы для создания и предоставления тематических сервисов с использованием данных дистанционного зондирования Земли // Труды СПИИРАН. 2017. Вып. 6(55), С. 86-113. *Личный вклад автора - 60%*
15. Зеленцов В.А., Алабян А.М., Крыленко И.Н., Пиманов И.Ю., Пономаренко М.Р., **Потрясаев С.А.**, Семёнов А.Е., Соболевский В.А., Соколов Б.В., Юсупов Р.М. Модельно-ориентированная система оперативного прогнозирования речных наводнений // Вестник Российской академии наук. 2019. Т. 89. № 8. С. 831-843. *Личный вклад автора - 30%*

Оригинальность содержания диссертации составляет не менее 82% от общего объёма текста; цитирование оформлено корректно; заимствованного материала, использованного в диссертации без ссылки на автора либо источник заимствования, не обнаружено; научных работ, выполненных соискателем учёной степени в соавторстве без ссылок на соавторов не выявлено. Недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах в диссертации отсутствуют.

На диссертацию и автореферат поступили 12 отзывов, все отзывы положительные:

1) Федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего образования «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского» Министерства обороны Российской Федерации. Отзыв составили: профессор кафедры Автоматизированных систем управления космических комплексов, доктор технических наук, профессор Гончаревский Вилен Степанович и начальник кафедры Автоматизированных систем управления космических комплексов, кандидат технических наук, доцент Зиновьев Сергей Валерьевич. Замечания: в тексте автореферата при описании второго подхода к решению задач оценивания потенциальной эффективности функционирования системы управления

информационными процессами в киберфизических системах на интервале планирования используется аддитивная свертка Лагранжа; отсутствуют рекомендации по назначению весовых коэффициентов показателей, отражающих эффективность планирования и управления структурной динамикой киберфизических систем, для построения множества Парето; из содержания автореферата не вполне ясно, как автору удалось преодолеть проблему размерности в задачах календарного планирования и теории расписаний, используемых для управления информационными процессами в киберфизических системах и в целом в промышленном интернете; при анализе робастности сформированных технологий и программ управления киберфизических систем использовался «грубый» интервальный способ задания возмущающих воздействий. Остается не понятным, как применять данный подход в условиях «гибкого» (стохастического или нечетко-возможностного) описания деструктивных воздействий среды.

2) Публичное акционерное общество «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П. Королёва». Отзыв составили: главный специалист, кандидат технических наук Ковтун Владимир Семёнович, ведущий научный сотрудник, доктор технических наук Евдокимов Роман Александрович, научный консультант, доктор технических наук, профессор Виктор Васильевич Синявский, учёный секретарь Корпорации, кандидат физико-математических наук Ольга Николаевна Хатунцева. Замечания: В разработанный полимодельный комплекс помимо аналитических моделей входят и имитационные, роль которых в решении задачи синтеза технологии и планов управления информационными процессами прослеживается в описании третьей главы диссертации. Но в автореферате не упоминается структура и состав используемых имитационных моделей. При выборе архитектуры программного комплекса был сделан вывод о необходимости применения сервис-ориентированной архитектуры. Этот термин является достаточно общим, к тому же не привязан к конкретной технологии. Возможно, следовало производить сравнение на более детальном уровне, например, микросервисы, вебсервисы, вызов удалённых процедур и так далее.

3) Акционерное общество «Конструкторское бюро "Арсенал" имени М.В. Фрунзе». Отзыв составили: советник генерального директора по стратегическому

планированию, заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, Ковалев Александр Павлович и начальник отдела организации и сопровождения научной деятельности кандидат военных наук Борщин Александр Леонтьевич. Замечания: Построенный в результате решения задачи теории расписаний план выполнения информационных процессов на практике далеко не всегда может быть в точности реализован на предприятии. Но в диссертационной работе не рассматриваются методы коррекции плана и перепланирования на этапе эксплуатации киберфизической системы. В связи с бурным развитием и успехами технологии искусственных нейронных сетей следовало бы уделить больше внимания исследованиям применимости (или неприменимости) их для решения поставленных в диссертации задач. В критически важных процессах, которые присутствуют на большинстве предприятий, ключевую роль играет возможность функционирования информационной системы в реальном масштабе времени. Из описания разработанного программного комплекса не ясно, рассматривался ли такой режим работы.

4) Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук. Отзыв составил: заместитель директора доктор технических наук, профессор Зацаринный Александр Алексеевич. Замечания: Представляется, что в автореферате недостаточно подробно рассмотрены проблемные вопросы размерности решаемых задач. Соискателю следовало бы привести кратко конструктивные способы борьбы с размерностью в задаче управления информационными процессами в промышленном интернете. В автореферате не приведена классификация решаемой задачи как по дисциплине работ («открытая линия», «рабочий цех», «поточная линия», «задача с директивными сроками»), так и по классу сложности решаемой задачи (полиномиальная или NP-полная задача). Применяемая в разработанном программном комплексе библиотека SciPy содержит в себе большое количество алгоритмов решения оптимизационных задач (алгоритм Бройдена-Флетчера-Гольдфарба-Шанно, метод сопряжённых градиентов, усеченный Метод Ньютона и прочие). В автореферате соискатель не приводит сведения, какой из этих алгоритмов

использовался, а также информацию о том, было ли проведено сравнение этих алгоритмов при решении задач, решаемых созданным вычислительным модулем.

5) Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный университет путей сообщения». Отзыв составил: заведующий кафедрой «Прикладная математика, информатика и информационные системы», доктор технических наук, доцент Тюгашев Андрей Александрович. Замечания: В базовой логико-динамической модели управления операциями (с. 14 автореферата) сомножитель $u_{ikj}^{(0,1)}(t)$ принимает значения, строго равные единице или нулю, в силу чего неясно, как отражать ситуации, когда задействование операции D_k^i с привлечением ресурса B_j носит не детерминированный, а вероятностный или нечеткий характер. В этой же формуле не вполне понятна внутренняя суть Θ_{ikj} – «матричной временной функции, которая характеризует технические возможности ресурса по реализации задач». Что понимается под «техническими возможностями» – исчерпаемые или неисчерпаемые ресурсы, сколько их, кто и с какой точностью, на каком этапе построения и использования модели должен определять указанные параметры? Из рисунка 16 (с. 28), где приводятся эвристический и оптимальный планы управления информационными процессами в Центре управления полетами КА, не вполне ясно, что понимается под «показателем качества» плана, иными словами, не очевидно, чем именно план «б» превосходит план «а».

6) «Научно-исследовательский институт космических систем имени А.А. Максимова» – филиал акционерного общества «Государственный космический научно-производственный центр им. М.В. Хруничева». Отзыв составил: начальник научно-исследовательской лаборатории доктор технических наук, старший научный сотрудник Гончаров Владимир Владимирович. Замечания: Из автореферата следует, что в диссертационной работе решаются задачи оптимального управления с закреплённым левым и правым концом фазовой траектории и фиксированном интервалом времени. В теории оптимального управления рассматривается несколько типов двухточечных краевых задач (со свободными, закреплёнными и подвижными концами фазовой траектории). Остаётся невыясненным, могут ли, в

рамках предлагаемых в диссертации методов и алгоритмов быть решены другие типы указанных задач оптимального управления в различных ситуациях для поиска технологии и плана управления информационными процессами. В автореферате уделено мало внимания способам организации вычислительных процессов в промышленном интернете реально существующих современных предприятий. Нет сведений о предложенных в диссертации методах повышения эффективности их функционирования и об используемых технических решениях.

7) Открытое акционерное общество «Авангард». Отзыв составил: помощник генерального директора доктор технических наук профессор Ефимов Владимир Васильевич. Замечания: В тексте автореферата неоднократно встречаются упоминания об учёте возмущающих воздействий, однако отсутствуют сведения о том, как это конструктивно реализовано в предлагаемых логико-динамических моделях при решении конкретных задач синтеза технологий и программ управления информационными процессами в промышленном интернете. В автореферате нет сведений о том, проводилось ли сравнение различных технологий виртуализации и их применимости для целей управления процессами в промышленном интернете.

8) Санкт-Петербургский филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». Отзыв составил: Заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор Лукинский Валерий Сергеевич. Замечания: В диссертационной работе при описании математического обеспечения решения задач синтеза технологий и комплексных планов информационного обеспечения промышленного интернета была предложена модель управления движением киберфизических систем, однако далее в тексте работы не показано как она может использоваться при решении сформулированной проблемы. Стандарт BPMN не является новым и в настоящее время не широко распространён. В последнее время при разработке реальных информационных систем чаще применяется прямое программирование бизнес-логики.

9) Публичное акционерное общество «Информационные телекоммуникационные технологии». Отзыв составил: ученый секретарь ПАО «Интелтех», доктор технических наук, профессор Будко Павел Александрович и

заместитель начальника отдела, кандидат технических наук, доцент Салюк Дмитрий Владиславович. Замечания: в диссертационной работе при описании диспетчерских планов функционирования киберфизических систем, необходимых для реализации метода Крылова-Черноусько, не приводится их физическая интерпретация применительно к решаемым задачам, что не позволяет далее их обоснованно сравнивать с полученными оптимальными планами; в четвёртой главе диссертации, судя по автореферату, изложены варианты построения разработанного программного комплекса с указанием ряда технических решений в части применяемых программных библиотек, стороннего открытого программного обеспечения, однако из текста автореферата остаётся неясным конкретный программный состав подсистемы управления контейнерной виртуализацией и диспетчеризации распределения вычислительных модулей по аппаратным ресурсам.

10) Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I». Отзыв составил: заведующий кафедры «Информационные и вычислительные системы», доктор технических наук, профессор Хомоненко Анатолий Дмитриевич. Замечания: из содержания автореферата не ясно, что подразумевается под конечным (неделимым) информационном ресурсом в предложенных моделях промышленного интернета; в автореферате нет сведений о том, как влияет размерность рассматриваемых моделей на скорость вычислений и погрешность полученных результатов.

11) Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева». Отзыв составил: заведующий кафедрой информационных систем и технологий заслуженный работник высшей школы РФ, д.т.н., профессор Прохоров Сергей Антонович. Замечания: в описании разработанного программного комплекса приведён пример результатов решения важной практической задачи нормализации требований к аппаратным ресурсам узлов промышленного интернета, однако ранее в теоретической части работы не встречается описание постановки этой задачи и методов её решения; в автореферате

нет сведений о том, должен ли разработанный программный комплекс в условиях реального предприятия функционировать не только на этапе планирования, но и на этапе реализации построенного плана, и какие в этом случае на него возлагаются функции.

12) Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)». Отзыв составил: профессор кафедры Вычислительной техники, доктор технических наук, профессор Водяхо Александр Иванович. Замечания: среди исходных данных решаемой задачи присутствует довольно сложный альтернативный граф информационного процесса, но автореферате не указывается, существует ли какой-либо способ его автоматизированного создания; в результатах работы приводится сравнение значений показателей качества решения задачи предложенным методом с решением на основе базовых эвристических алгоритмов FIFO и LIFO, не ясно, в силу чего для сравнения выбраны именно они, если существует большое количество более совершенных эвристических алгоритмов; следует пересмотреть необходимость использования в программном комплексе для хранения данных избыточного и устаревшего языка разметки XML. В настоящее время форматы JSON, а тем более YAML предоставляют возможность хранения данных того же объёма и структуры в гораздо более компактном и удобном виде.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что

д.т.н., профессор Мещеряков Р. В. является известным экспертом в области обработки информации в задачах управления киберфизическими системами различной природы и назначения;

д.т.н., профессор Басыров А. Г. – известный специалист по параллельным вычислительным процессам, энергосберегающим технологиям в вычислительной технике и высокопроизводительным вычислительным системам;

д.т.н., профессор Громов В. Н. – известный ученый в области анализа и синтеза сложных систем и интеллектуально-информационной поддержки принятия решений в проблемных ситуациях;

ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова» является достаточно крупным образовательным учреждением РФ, включающим в свой состав несколько факультетов и кафедр, деятельность которых непосредственно связана с темой диссертационного исследования, в частности, факультет ракетно-космической техники и факультет информационных и управляющих систем, сотрудники которых ведут активную научную деятельность по направлениям: моделирование сложных технических динамических объектов, методы управления робототехническими средствами и разработка автономных информационных и управляющих систем.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны:

– комплекс аналитико-имитационных логико-динамических моделей и программ управления информационными процессами в промышленном интернете, который описан в виде многоуровневого альтернативного динамического системного графа с перестраиваемой структурой, отличающийся от существующих сценарных поведенческих моделей функционирования сложных объектов, базирующихся на конечно-автоматных и имитационных описаниях, и позволяющий на конструктивном уровне решать одновременно как задачи синтеза технологий, так и задачи комплексного планирования информационных процессов в промышленном интернете;

– архитектура системы виртуализации, позволяющая оперативно отображать синтезированную технологию управления КФС на аппаратную инфраструктуру туманных вычислений, отличающаяся высоким уровнем автоматизации процессов конфигурирования и реконфигурирования вычислительной среды и низким временем «переналадки» оборудования;

предложены:

– методы и алгоритмы, позволяющие выполнить новое преобразование традиционных дискретных моделей календарного планирования и теории расписаний, используемых для управления информационными процессами, в

логико-динамические модели, описывающие данные процессы. То есть, дискретная по своей «природе» исходная задача управления КФС преобразуется в задачу неклассического вариационного исчисления, которая, в свою очередь, сводится к нелинейной краевой задаче. В отличие от традиционных процедур поиска оптимальных планов управления информационными процессами на статических моделях, данное преобразование позволяет существенно упростить поиск указанных планов за счёт динамического описания и декомпозиции исходной большеразмерной модели календарного планирования и составления расписаний, описывающей процессы синтеза технологий и планов в рассматриваемой предметной области;

– комбинированные модели и алгоритмы планирования операций, распределения ресурсов, а также учета прерываний в нестационарных задачах теории расписаний большой размерности, к которым сводятся детерминированные задачи управления КФС. В их основе лежит метод последовательных приближений в сочетании с методом Ньютона, методом штрафных функционалов, обобщенным субградиентным методом, методом «ветвей и границ». Новизна и эффект от использования перечисленных методов состоит в их комбинированном применении, когда достоинства одних методов компенсируют недостатки других. Проведены оценки временной и емкостной сложности разработанных методов и алгоритмов приближенного решения рассматриваемых задач синтеза технологий и планов, которые, в отличие от традиционных подходов к решению задач расписания данного класса, имеют полиномиальный характер, а также выявлены параметры, от которых в наибольшей степени зависит скорость сходимости данных алгоритмов;

– методы и алгоритмы для оценивания выполнимости производственных программ судостроительной верфи (ССВ) для детерминированных сценариев изменения внешних воздействий, а также оценивания показателей робастности и устойчивости производственных программ ССВ для интервально заданных сценариев изменения внешних воздействий;

доказана перспективность дальнейшего использования предложенного способа синтеза технологий и комплексных планов управления информационными процессами в промышленном интернете на основе аналитико-имитационных

логико-динамических моделей, а также разработанного на его основе программного комплекса в различных предметных областях;

введены:

– новый способ динамического описания базовых логических функций «И», «ИЛИ», «альтернативное ИЛИ», «НЕ» и соответствующих технологических ограничений, при котором сохраняется принадлежность синтезируемых программных управлений КФС к классу кусочно-непрерывных функций, отличающийся от традиционных дискретных и эвристических способов тем, что позволяет для решения задач синтеза технологий и комплексных планов управления информационными процессами в КФС использовать научные и научно-технические результаты классической и современной теорий управления;

– новые сущности существующего стандарта BPMN (Business Process Model and Notation, нотация и модель бизнес-процессов), соответствующие предложенным в диссертации вариантам формального логико-динамического описания процессов функционирования КФС, что позволило произвести раздельное конструктивное описание функциональной структуры промышленного интернета и технических особенностей её аппаратно-программной реализации;

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана возможность решения дискретной большеразмерной задачи теории расписаний, а именно задачи синтез технологий и программ управления информационными процессами в КФС методами оптимального управления, за счёт преобразования её в задачу неклассического вариационного исчисления;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов):

использованы фундаментальные положения системного анализа и современной теории управления сложными динамическими объектами, модели, методы и алгоритмы развиваемые в теории множеств и отношений, теории вероятности и теории возможности, теории автоматов и алгоритмов, программной инженерии, теории информационных систем и процессов, теории оптимального управления логико-динамическими системами, теории многокритериального

выбора и исследований операций для решения исследуемой в диссертации проблемы;

изложены методологические и методические основы синтеза технологий и планов функционирования сложных технических объектов для управления информационными процессами в промышленном интернете;

раскрыты проблемные аспекты

– применения имеющихся подходов к синтезу технологии и планов функционирования киберфизических систем, основанных на теории расписаний, методах искусственного интеллекта и метаэвристических методах;

– конструктивного учёта специфики операций, в отношении которых введён запрет на прерывание их выполнения;

– введения в логико-динамические модели факторов неопределённости;

– преодоления проблем размерности в практических задачах управления информационными процессами;

– обоснования выбора архитектуры программного обеспечения, обеспечивающей эффективное функционирование разрабатываемой информационной системы;

– оперативного реконфигурирования программно-аппаратных средств промышленного интернета для реализации синтезированной технологии и плана их функционирования;

изучены существующие методы управления информационными процессами в промышленном интернете, а также методы синтеза технологии и планов функционирования киберфизических систем, при этом особое внимание уделено рассмотрению возможности их программной реализации;

проведена модернизация

– существующих методов логико-динамической интерпретации информационных процессов, протекающих в промышленном интернете в части способа учёта специфики операций, для которых введён запрет на прерывание выполнения, а также учёта возмущающих воздействий внешней среды;

– существующего способа описания бизнес-процессов на основе языка BPMN для обеспечения возможности использования его в качестве единой основы для

согласования моделей разработанного полимодельного комплекса, а также использования при решении прикладных задач с использованием разработанного программного комплекса;

– разработанного диссертантом ранее программного комплекса планирования операций и распределения ресурсов с целью реализации новых предложенных моделей, методов и алгоритмов, а также обеспечения возможности функционирования в промышленном интернете.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что в ходе практической реализации указанных исследований **разработаны и внедрены** (указать степень внедрения) следующие результаты диссертационной работы:

– в акционерном обществе «Центр технологии судостроения и судоремонта» были внедрены методы и алгоритмы оценивания выполнимости, робастности и динамической устойчивости производственных программ судостроительного предприятия, которые позволили повысить обоснованность и оперативность принятия управленческих решений при формировании производственных планов;

– для филиала акционерного общества «Государственный космический научно-производственный центр имени М.В. Хруничева» – Научно-исследовательского института космических систем имени А.А. Максимова были разработаны экспериментальные образцы общесистемного программного обеспечения (прототип сервисной шины) и специального программно-математического обеспечения решения задач планирования конфигурации и реконфигурации бортовой аппаратуры маломассогабаритного космического аппарата с целью перевода его из неработоспособного в работоспособное или частично работоспособное состояние в автоматическом и автоматизированном режиме;

– при выполнении проекта по заказу Федерального государственного унитарного предприятия «Конструкторское бюро "Арсенал"» имени М.В. Фрунзе проведено обоснование архитектуры системы комплексного моделирования транспортно-энергетического модуля для решения задач расчёта и анализа показателей его надёжности и живучести;

– в рамках научно-технического сотрудничества с Санкт-Петербургским государственным унитарным предприятием «Санкт-Петербургский информационно-аналитический центр» разработан модуль анализа и оптимизации вероятностно-временных характеристик Интегрированной системы информационно-аналитического обеспечения деятельности исполнительных органов государственной власти Санкт-Петербурга, с использованием которого была проведена оценка различных сценариев создания и развития указанной системы;

– в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Санкт-Петербургском институте информатики и автоматизации Российской академии наук соискателем были получены новые научные и практические результаты в ходе выполнения следующих проектов: грант РНФ № 17-11-01254 «Методология и сервис-ориентированная технология создания и использования системы комплексного автоматизированного моделирования природных и природно-технологических объектов и ее реализация для оперативного прогнозирования речных наводнений», грант РФФИ № 15-08-08459 «Разработка и исследование моделей и методов комплексного адаптивного планирования работы системы управления сложными техническими объектами», грант РФФИ № 16-07-00779 «Разработка методологии и модельно-алгоритмического обеспечения проактивного управления структурной динамикой социо-кибер-физических систем», грант РФФИ № 17-08-00797 «Разработка и исследование методологических основ и технологии комплексного моделирования процессов функционирования системы проактивного управления сложными техническими объектами», грант РФФИ № 17-01-00139 «Разработка методологии структурирования и анализа свойств сложных технических систем». Результаты, полученные в перечисленных грантах, базируются на специальном модельно-алгоритмическом и программном обеспечении синтеза технологий и комплексных планов управления информационными процессами в КФС, разработанном в ходе выполненных диссертационных исследований, где, в частности, созданный программный комплекс широко использовался для верификации и валидации новых методов и экспериментальных образцов программных средств, созданных в ходе выполнения

перечисленных грантов, и позволил обосновано предъявить требования к перспективным интеллектуальным технологиям, а также соответствующим архитектурам программных платформ, ориентированным на решение задач проактивного управления сложными организационно-техническими объектами;

– в части методологических и методических основ гарантированного проактивного управления критическими инфраструктурами в кризисных ситуациях, в том числе метод и алгоритм управления структурной динамикой сложных организационно-технических объектов, применялся в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Поволжский государственный технологический университет» в исследовательской деятельности университета при выполнении НИР, проводимой по госзаданию Министерства образования и науки РФ №2.3135.2017/4.6, а также результаты диссертации использовались в учебном процессе университета при проведении занятий по дисциплине «Информационные технологии», лекционных и практических занятий по дисциплинам «Поддержка жизненного цикла программного обеспечения (спецификация требований)», «Методология программной инженерии (спецификация требований)» в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения»;

определены:

– возможности и перспективы практического использования полученных результатов диссертации для управления информационными процессами в промышленном интернете в условиях возмущающих воздействий внешней среды;

– условия целесообразности использования на практике разработанного модельно-алгоритмического и программного обеспечения решения задач синтеза технологий и оптимальных планов управления информационными процессами в промышленном интернете на основе туманных вычислений;

создан программный комплекс решения задач многокритериального структурно-функционального синтеза и управления функционированием и развитием КФС в условиях возмущающих воздействий;

представлены предложения и направления проведения дальнейших научных исследований, связанных с решением задач управления операциями на этапе реализации информационного процесса в условиях возмущающих воздействий внешней среды или изменения целей функционирования КФС и координирования различных уровней функционирования промышленного предприятия на базе предложенного комплекса логико-динамических моделей, а также с углублением интеграции разработанных вычислительных модулей в архитектуру промышленного интернета на уровне связующего программного обеспечения и обеспечением непрерывности вычислительных процессов, катастрофоустойчивости промышленного интернета и самоорганизации вычислений.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ достоверность полученных результатов подтверждена результатами проведенного анализа современного состояния исследований, обоснованным выбором исходных данных, основных допущений и ограничений при формулировании постановок научных задач, использованием апробированного современного математического аппарата, согласованностью результатов моделирования и проведенных расчетов с фактическими данными, полученными в процессе эксплуатации КФС, экспериментальной апробацией полученных теоретических результатов с положительным эффектом от внедрения в промышленности и научных предприятиях, а также апробацией основных результатов диссертации в печатных трудах и докладах на международных и всероссийских конференциях;

теория синтеза технологий и комплексных планов управления информационными процессами в промышленном интернете построена на прикладных результатах классической и современной теории управления;

идея базируется на всестороннем анализе достоинств и недостатков результатов исследований, выполненных отечественными и зарубежными учеными в области управления информационными процессами в сложных технических системах, планирования и диспетчеризации вычислительных операций в промышленном интернете;

использованы полученные экспериментальные результаты для сравнения с данными, приведенными в современной научной и технической литературе, подтверждено преимущество предложенного подхода перед результатами, полученными другими авторами;

установлено качественное и количественное соответствие результатов решения конкретных задач с аналогичными в различных предметных областях;

использованы современные методики сбора и обработки исходных данных и информации, представительные выборочные совокупности с обоснованием подбора объектов наблюдения и измерения.

Личный вклад соискателя состоит в:

– разработке нового способа учёта специфики операций, для которых введён запрет на прерывание выполнения;

– разработке новых способов ввода в логико-динамические модели учёта факторов, связанной со структурной динамикой сложных организационно-технических объектов;

– создании метода учёта складированных и нескладированных ресурсов;

– описании метода взаимодействия моделей управления операциями и потоками в условиях ликвидации прерывания операций;

– решении прикладной задачи оценивания выполнимости, робастности и динамической устойчивости производственных программ судостроительного предприятия;

– решении задачи синтеза технологии совместного планирования и управления работой бортового комплекса управления космическим аппаратом и средств наземного комплекса управления;

– решении прикладных задач управления вычислительными и информационными процессами в информационной системе управления территорией в условиях чрезвычайных ситуаций;

– подготовке основных публикаций по выполненной работе.

Диссертационный совет считает, что в соответствии с требованиями п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемыми к докторским диссертациям, и пп. 8 и 9 паспорта научной специальности 05.13.11 –

Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей, а также пп. 2 и 5 паспорта научной специальности 05.13.01– Системный анализ, управление и обработка информации, Потрясаев С.А. в своей диссертационной работе решил актуальную научную проблему разработки прикладной теории синтеза технологий и комплексных планов управления информационными процессами в киберфизических системах и её применения для решения задач системного моделирования и управления территориально-распределённой обработкой и использованием полученных данных в промышленном интернете в интересах повышения его эффективности, имеющую важное социально-экономическое и хозяйственное значение.

На заседании 02.07.2020г. диссертационный совет принял решение присудить Потрясаеву С.А. ученую степень доктора технических наук по научным специальностям 05.13.11 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей, 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (технические системы).

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 8 докторов наук по специальности 05.13.11 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей и 7 докторов наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (технические системы) рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 20, против нет, недействительных бюллетеней нет.

Председатель диссертационного совета

доктор техническ

член-корреспонд

Юсупов Рафаэль Мидхатович

Ученый секретарь диссертационного совета

кандидат техни

Зайцева Александра Алексеевна

02.07.2020 г.