

## О Т З Ы В

официального оппонента доктора технических наук  
профессора Басырова Александра Геннадьевича  
на диссертационную работу Потрясаева Семена Алексеевича  
«Синтез технологий и комплексных планов управления информационными процессами в  
промышленном интернете»,  
представленную на соискание ученой степени  
доктора технических наук по специальностям:  
05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (технические  
системы)»,  
05.13.11 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин,  
комплексов и компьютерных сетей»

### **Актуальность темы диссертации**

Анализ современных тенденций развития информационных технологий (ИТ) и систем показывает, что все ведущие зарубежные и отечественные компании, специализирующиеся в данной области, строили и строят корпоративные информационные инфраструктуры только по вертикальному принципу, руководствуясь частными критериями и плохо согласовывая собственные представления с требованиями бизнеса. В результате реализации указанных тенденций традиционные подходы к автоматизации бизнес-процессов находятся в настоящее время если не в кризисном, то в предкризисном состоянии. При этом трудности управления современными корпоративными информационными системами (КИС) выходят за рамки администрирования отдельных программных сред. Необходимость интеграции нескольких гетерогенных сред на основе сотен и тысяч серверов в общекорпоративные вычислительные системы формируют новый уровень сложности.

В этих условиях традиционное ручное управление (администрирование) этим многообразием информационных ресурсов становится невозможным как по организационным, так и по финансовым причинам. Для преодоления указанных тенденций весьма перспективным представляется создание новых поколений ИТ и систем, построенных на основе концепций адаптивного управления и самоорганизации. Разрабатываемые самоуправляемые вычислительные системы, по замыслам их создателей, должны в будущем самостоятельно организовывать своё функционирование с учётом требований, сформулированных их администраторами.

Появление в последние десятилетия киберфизических систем (КФС) и промышленного интернета потребовало дальнейшего развития технологий облачных вычислений в направлении создания аппаратно-программных средств (АПС) граничных вычислений, реализующих часть необходимых вычислений в локальных центрах обработки данных, а также туманных вычислений, обеспечивающих обработку данных и информации непосредственно в точке их получения.

При этом возможны различные варианты (сценарии) распределения задач в промышленном интернете. На практике таких сценариев, с учетом существующих ограничений, связанных с недостаточной пропускной способностью и стабильностью функционирования каналов связи, сетевых задержек, ресурсных ограничений может быть очень много, что потребовало от исследователей разработки различных математических моделей, описывающих рассматриваемые процессы.

Всесторонний и углубленный анализ современного состояния разработок в рассматриваемой предметной области, проведенный соискателем в диссертации, показал, что применение при решении задач управления вычислениями в промышленном интернете известных моделей в условиях их большой размерности, нестационарности, нелинейности

и неопределенности не позволяет на практике синтезировать оперативные и обоснованные управленческие решения, связанные с организацией эффективного производства на распределенных промышленных мощностях.

В этих условиях объективно становится необходима разработка математического и программного обеспечения решения задач управления информационными процессами в промышленном интернете на базе разработки соответствующей прикладной теории.

Все вышеизложенное позволяет сделать вывод о том, что тема диссертации Потрясаева С.А., посвященная разработке методологических и методических основ, а также программных средств решения задач синтеза технологий и комплексных планов управления информационными процессами в промышленном интернете, является, несомненно, *актуальной и новой*, имеющей важное теоретическое и практическое значение.

### **Научная новизна и теоретическая значимость основных результатов исследований**

1. Полимодельное описание задач синтеза технологий и программ управления информационными процессами в промышленном интернете основано на разработанном соискателем комплексе новых логико-динамических моделей программного управления движением, каналами, ресурсами, комплексами и параметрами операций, потоками и структурами КФС, дополненном соответствующим комплексом стохастических и интервальных дискретно-событийных моделей, объединенных в рамках разработанной имитационной системы. Главное достоинство предложенного полимодельного описания состоит в том, что за счет разработанных процедур глубинной интеграции перечисленных аналитических и имитационных моделей, происходит взаимная компенсация их недостатков и ограничений, что по сравнению с существующим подходами позволяет повысить качество управления информационными процессами в промышленном интернете.

2. Комбинированные методы и алгоритмы совместного и отдельного решения задач синтеза технологий и планов управления информационными процессами в промышленном интернете отличаются от известных оригинальным нелинейным инвариантным преобразованием технических и технологических ограничений исходной задачи комплексного планирования информационных процессов в смешанные ограничения соответствующей задачи оптимального программного управления указанными процессами. За счет этого преобразования удается, оставаясь в классе кусочно-непрерывных управляющих воздействий, получать во времени их граничные значения, определяющие конкретный оптимальный порядок распределения ограниченных ресурсов промышленного интернета между конкурирующими информационными процессами.

3. Комбинированные методы и алгоритмы совместного и отдельного решения задач оценивания возможностей и обеспечения устойчивости проактивного управления информационными процессами в промышленном интернете отличаются от известных формированием вектора «динамических» приоритетов выполняемых операций, используемых ресурсов и управляемых потоков, в состав которых входит гораздо больше информации по сравнению с аналогичными приоритетами, формируемыми эвристически в рамках традиционных подходов.

4. Сервис-ориентированная архитектура, состав, структура и варианты функционирования программных комплексов синтеза технологий и планов управления информационными процессами в промышленном интернете построены на оригинальном комбинированном методе многокритериального принятия решений на основе экспертных знаний о заданной предметной области, полученных с помощью совместного использования продукционных моделей предпочтений лица, принимающего решения, а также нечётко-возможностного подхода и теории планирования экспериментов. Новизна использования этого метода состоит в обосновании как самого состава частных

показателей, характеризующих качество вариантов альтернативных архитектур, так и методики их количественного оценивания применительно к новой предметной области.

5. Программный комплекс решения задач синтеза технологий и комплексных планов управления информационными процессами в промышленном интернете базируется на новом способе формального логико-динамического описания процессов функционирования КФС в сущностях нотации и модели бизнес-процессов, используя только стандартные механизмы её расширения, а также оригинальном методе применения современной технологии контейнерной виртуализации для автоматизации процессов конфигурирования и реконфигурирования вычислительной среды под синтезированную технологию управления КФС.

6. Технологии конфигурирования и использования программных комплексов решения задач синтеза технологий и комплексных планов управления информационными процессами в промышленном интернете при решении задач в области космонавтики, судостроения и экологии, в отличие от известных, позволяют описать как технологические, так и информационные процессы предприятия, открывая новые возможности конструктивного согласования технологического и информационного уровней функционирования предприятия. Достоинства авторских решений продемонстрированы при оценивании выполнимости и устойчивости производственных программ судостроительной верфи, синтезе технологий и планов функционирования космических средств, а также проактивном (упреждающем) управлении информационными процессами в глобально распределённой системе оперативного прогнозирования наводнений.

### **Практическая значимость результатов исследований**

Полученные в диссертационной работе результаты имеют высокое практическое значение, подтверждаемое результатами их внедрения в различных предметных областях (промышленное производство, космонавтика, государственное управление, робототехника, экология, научная деятельность, образовательная деятельность).

Так, полученные в диссертации технологии системного моделирования процессов синтеза технологий и программ управления информационными процессами в промышленном интернете, а также методологии и технологии использования контейнерной виртуализации в промышленном интернете, были использованы при обосновании общей структуры и состава программно-аппаратного комплекса, предназначенного для разработки и испытаний методик и программных средств оценки надежности и живучести транспортно-энергетического модуля.

Предложенная сервис-ориентированная архитектура экспериментального образца распределенного программно-аппаратного комплекса позволила перевести создаваемую программную систему в формат «облачного» приложения, реализуемого как сервис. Следствием перехода к облачным вычислениям явилось существенное повышение гибкости аппаратно-программной реализации.

Разработанные методологические и методические основы гарантированного проактивного управления критическими инфраструктурами в кризисных ситуациях; оригинальный комплекс логико-динамических моделей для решения проблемы синтеза технологий и программ проактивного управления катастрофоустойчивыми информационными системами (КАИС); комбинированные методы и алгоритмы решения задач анализа и синтеза технологий, а также программ (планов) проактивного управления операциями, потоками, ресурсами КАИС были реализованы в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Поволжский государственный технологический университет» в виде соответствующих экспериментальных программных модулей и позволили, во-первых, непосредственно связать те общие цели, на достижение которых ориентировано функционирование КАИС, с теми целями, которые реализуются в ходе управления структурами КАИС, во-вторых, обоснованно определить и выбрать соответствующие последовательности решаемых задач

и выполняемых операций (действий), связанных со структурной динамикой (другими словами, синтезировать технологию управления КАИС), и, в-третьих, осознанно находить компромиссные решения при распределении ограниченных ресурсов, выделяемых на проактивное управление структурной динамикой.

Разработанное математическое и программное обеспечение может быть успешно применяться системными администраторами, программистами и специалистами по управлению конфигурацией и реконфигурацией информационных процессов и ресурсов в промышленном интернете и позволит обеспечить ситуативный оперативный и качественный анализ, синтез и настройку протоколов и алгоритмов обработки и обмена сообщениями между КФС и другими его компонентами с целью повышения эффективности их использования с точки зрения энергозатрат и стоимости эксплуатации инфраструктуры.

### **Достоверность и степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций**

Достоверность и достаточная степень обоснованности научных положений подтверждаются следующим:

полнотой и глубиной анализа отечественных и зарубежных источников, отражающих классические подходы и современное состояние исследований задач моделирования и управления информационными процессами в КФС и в целом в интернете вещей;

использованием математического аппарата современной теории оптимального управления динамическими объектами, обеспечившего полноту, замкнутость и непротиворечивость результатов решения задач синтеза технологий и комплексных планов управления информационными процессами в промышленном интернете;

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

согласованностью результатов, полученных с использованием положений, изложенных в диссертации, с данными, полученными в результате экспертного опроса специалистов, непосредственно участвующих в процессах проактивного управления КФС и промышленного интернета;

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

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

Результаты исследований автора прошли всестороннюю апробацию на 18 международных, всероссийских и региональных научно-практических конференциях.

По теме диссертации Потрясаева С.А. опубликовано 105 научных трудов, в том числе: 26 статей в изданиях, рекомендованных ВАК для опубликования основных результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора технических наук, получено 5 свидетельств государственной регистрации на программы для ЭВМ; 38 статей зарегистрированы в SCOPUS, 19 статей зарегистрированы в Web of Science, остальные публикации – в рецензируемых научно-технических журналах и сборниках научных трудов.

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

Результаты диссертационной работы соответствуют паспорту специальности 05.13.11 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей:

п. 8. Модели и методы создания программ и программных систем для параллельной и распределенной обработки данных, языки и инструментальные средства параллельного программирования;

п. 9. Модели, методы, алгоритмы и программная инфраструктура для организации глобально распределенной обработки данных, а также паспорту специальности 05.13.01– «Системный анализ, управление и обработка информации»:

п. 2. Формализация и постановка задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации;

п. 5. Разработка специального математического и алгоритмического обеспечения систем анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации.

### **Недостатки диссертации**

1. Известно, что концепция промышленного интернета способствовала развитию клиент-ориентированного, мелкосерийного и гибкого производства. Главным отличием указанных производств от крупных поточных линий является непостоянство (нестационарность) производственного процесса, а вместе с ним и характеристик соответствующих информационных потоков, вычислительных процессов. Из текста диссертации не ясно как конструктивно в разработанном модельно-алгоритмическом обеспечении решения задач синтеза технологий и комплексных планов управления информационными процессами в промышленном интернете учитывается указанная нестационарность.

2. При доказательстве оптимальности разработанных алгоритмов решения нестационарных задач теории расписаний с запретами на прерывание операций в диссертации проводилось их сравнение с тремя эвристическими алгоритмами (FIFO, LIFO, алгоритм Зимина И.Н., Иванилова Ю.П.), хотя существует множество других, более совершенных алгоритмов. Не обоснована полнота такого сравнения.

3. В тексте диссертационной работы не раскрыты механизмы адаптации производственных планов к возможным классам возмущающих воздействий.

4. Из текста диссертационной работы не ясно каким образом соотносятся существующие технологии промышленного производства и производственные планы с синтезируемыми технологиями и комплексными планами управления информационными процессами в промышленном интернете.

5. Определение показателя производительности в разделе 4 как «времени решения тестовой математической задачи» отличается от общепринятого, т.е. количества решаемых задач в единицу времени.

Приведенные недостатки и замечания в целом не снижают научный уровень представленного материала, не опровергают и не ставят под сомнение достоверность и значимость основных научных результатов, полученных автором рассматриваемой диссертационной работы.

### **Заключение**

Диссертационная работа Потрясаева С.А. на тему «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», 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (технические системы)» является законченной научно-квалификационной работой.

Соискателем успешно решена актуальная научная проблема разработки основ прикладной теории синтеза технологий и комплексных планов управления информационными процессами в киберфизических системах и её применении для решения задач системного моделирования и управления территориально-распределённой

обработкой и использованием полученных данных в промышленном интернете в интересах повышения его эффективности.

Считаю, что диссертационная работа Потрясаева Семена Алексеевича по содержанию, научному уровню и степени завершенности исследования соответствует критериям пп. 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 01.10.2018), предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор, Потрясаев Семен Алексеевич заслуживает присуждения 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)».

Официальный оппонент

доктор технических наук, профессор,

начальник кафедры информационно-вычислительных систем и сетей Федерального государственного бюджетного военного образовательного учреждения высшего образования «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского» Министерства обороны Российской Федерации

Басыров Александр Геннадьевич

«8» апреля 2020 года

Контактные данные:

Почтовый адрес: 197082, г. Санкт-Петербург, ул. Ждановская, д.13

Телефон: +7-911-2485780

E-mail: alexanderbas@mail.ru

 Плотников Г.В. заверяю

Начальник отдела кадров Военно-космической академии  
имени А.Ф. Можайского

Плотников Г.В.