

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
Потрясаева Семена Алексеевича,
представленную на соискание ученой степени доктора технических наук,
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)»

1. Актуальность темы диссертационной работы

В эпоху перехода от индустриального к постиндустриальному обществу, деятельность отдельных людей, групп, коллективов и организаций все в большей степени начинает зависеть от их информированности и способности эффективно использовать имеющуюся информацию.

Лавинообразный поток информации часто не дает возможности воспринять эту информацию в полной мере.

В результате увеличения объема информации наступает информационный кризис, появляются противоречия между ограниченными возможностями человека по восприятию и переработке информации и существующими мощными потоками и массивами хранящихся данных.

Возникают определенные экономические, политические и другие барьеры, которые препятствуют распространению информации (например, режим секретности и т.п.).

Данные несоответствия с особой силой проявляется в условиях различного рода природных катаклизмов, а также техногенных, социально-экономических, военно-политических кризисов и катастроф, интенсивность и масштабы которых в последнее десятилетие значительно возросли.

Ярким примером тому является наблюдаемый мировой кризис, вызванный эпидемией коронавируса COVID-19. В ходе данной пандемии происходит лавинообразная приостановка промышленного производства, разрыв цепей поставок материальных, энергетических и информационных ресурсов.

Анализ показывает, что для того чтобы минимизировать возможные потери от указанных катастроф и кризисов, следует соответствующие информационные системы (ИС) наделять свойством катастрофоустойчивости, под которым понимается способность компьютерного комплекса, состоящего из нескольких систем, сохранять критически важные данные и продолжать выполнять свои функции после массового (возможно, целенаправленного) уничтожения его компонентов в результате различных катаклизмов как природного характера, так и инспирированных человеком.

В связи с отмеченным, рассматриваемые в диссертационной работе в качестве основных объектов исследования информационные процессы в киберфизических системах (КФС) и промышленном интернете, а также системы и технологии проактивного управления ими, могут, как показывает предварительный анализ, широко использоваться при создании соответствующих катастрофоустойчивых ИС (КАИС), повсеместное внедрение которых на практике в настоящее время является *крайне необходимым*.

Разработанная в настоящему времени концепция промышленного интернета и реализующие ее клиент-ориентированные, мелкосерийные, гибкие виртуальные производства на базе реальных территориально-распределенных промышленных мощностей могут справиться со сложившейся глобальной кризисной обстановкой в экономиках разных стран.

Для этого надо, как обоснованно показано в диссертационной работе Потрясаева С.А., правильно организовать соответствующие информационно-управляющие и инфокоммуникационные процессы на основе интеграции облачных, граничных и туманных вычислений в рамках созданного и постоянно развиваемого промышленного интернета (ПрИ), важная роль в котором отводится существующим и перспективным киберфизическим системам, создающим материально-информационную основу для реализации положительных и отрицательных обратных связей не только на технологическом, но, что особенно важно, организационных уровнях управления промышленным производством.

В диссертации показано, что в отличие от интернета вещей, в промышленном интернете порядок проведения вычислений и параметры вычислительных операций диктуются самой технологией (упорядоченностью) производственного процесса.

В этом случае появляется множество альтернативных способов организации вычислительного процесса, сопровождающего и обеспечивающего необходимой информацией производство. Каждый способ и соответствующий ему план вычислений может быть оценен с использованием таких критериальных функций, как скорость (интенсивность) выполнения операций и работ, объем потребляемой энергии, показатель сбалансированности загрузки телекоммуникационных каналов, показатели устойчивости и робастности плана и др.

В связи со сказанным в диссертации показано, что главная проблема оптимального распределения информационно-управляющих и инфокоммуникационных ресурсов в При состоит в определении оптимальных программ управления информационными процессами в При. В свою очередь, распределение функций и алгоритмов по элементам и подсистемам При, зависит от структуры и параметров планов и законов управления данными элементами и подсистемами.

Анализ существующих подходов к решению рассматриваемых классов задач многокритериального структурно-функционального синтеза, проведенный в диссертации, показал, что данные задачи изучены недостаточно.

Получены новые научные и практические результаты в рамках следующих направлений исследований:

синтез технической структуры сложных объектов (СЛО) (в том числе и При) при известных законах функционирования их основных элементов и подсистем (1 направление);

синтез функциональной структуры СЛО или, по-другому, синтез программ управления основными элементами и подсистемами СЛО при известной технической структуре СЛО (2 направление);

синтез программ создания и развития новых поколений СЛО без учета этапа совместного функционирования существующей СЛО и внедряемой СЛО.

Известен ряд итерационных процедур получения совместного решения задач, исследования которых проводятся в рамках 1 и 2 направлений.

Вместе с тем, обобщенного и комплексного исследования вопросов проактивного управления информационными процессами в СЛО (в том числе и При), учитывающих перечисленные аспекты их структурной динамики, к сожалению, до сих пор не проводилось.

В этих условиях объективно становится необходимой разработка соответствующих теоретических основ (концепций, моделей, методов, алгоритмов и методик) решения различных классов задач структурно-функционального синтеза и управления информационными потоками в При.

Все изложенное позволяет сделать вывод о том, что тема диссертационной работы Потрясаева С.А., которая посвящена решению проблемы синтеза технологий и комплексных планов управления информационными процессами в промышленном Интернете, является, *несомненно, новой и актуальной*, непосредственно связана с одним из наиболее перспективных направлений совершенствования указанных систем и имеет важное научно-практическое значение.

2. Научная новизна научных положений, выводов и рекомендаций и основные результаты исследований

2.1. Разработаны методология и методическое обеспечение описания и решения задач многокритериального синтеза технологий и комплексных планов управления информационными процессами в промышленном Интернете, базирующиеся на новых научных результатах, полученных диссертантом в рамках развиваемой им теории проактивного управления структурной динамикой СЛО. Главное достоинство такого подхода состоит в том, что в этом случае для решения указанных выше задач появляется возможность на конструктивном уровне

использовать фундаментальные и прикладные результаты, полученные к настоящему времени в современной системологии, кибернетике, информатике.

Так, на основе анализа условий управляемости, достижимости, необходимых и достаточных условий оптимальности, а также устойчивости программных управлений СЛО удалось провести оценивание и проверку реализуемости синтезируемых технологий и планов, а также их структур для различных сценариев внешних воздействий.

2.2. Диссертантом в работе наглядно продемонстрированы неоспоримые преимущества предложенных методов, алгоритмов и вычислительных процедур решения задач синтеза топологической, технической и технологических структур распределенных информационно-управляющих подсистем промышленного интернета.

Достоинство и новизна разработанного модельно-алгоритмического обеспечения, основанного на оригинальном логико-динамическом описании исследуемой предметной области, заключается в отсутствии методических ошибок в окончательных результатах решения перечисленных задач по сравнению с традиционными подходами, при которых проводится последовательное решение задач оптимизации указанных структур на основе той или иной эвристической декомпозиции.

2.3. В диссертации предложены новые комбинированные методы и алгоритмы учета факторов неопределенности при решении задач многокритериального синтеза технологий и комплексных планов управления информационными процессами в промышленном Интернете, базирующиеся на разработанных технологиях комплексного моделирования, ориентированных как на аналитико-имитационное моделирование возможных сценариев реализаций программ проактивного управления КФС на этапе их выполнения с последующей их коррекцией и введением требуемого уровня различных видов избыточности (функциональной, технической, временной и т.п), так и на построение и анализ аппроксимированных областей достижимости в пространстве критериальных

функций и интервально заданных возмущающих воздействий, позволяющих выявить наиболее робастные программы проактивного управления КФС.

2.4. В диссертационной работе соискателем предложен оригинальный многометодный подход к решению задач многокритериальной оптимизации как наиболее предпочтительных технологий и планов функционирования информационных подсистем промышленного интернета, так и облика специального программного обеспечения (СПО), реализующего их на практике.

При этом в отличие от существующих подходов, основанных на тех или иных методиках эвристического назначения весовых коэффициентов в свертке частных показателей качества проактивного управления КФС, в первом случае (при синтезе технологий и планов) данные коэффициенты формировались автоматически в ходе аналитико-имитационного моделирования рассматриваемых процессов управления, а во втором случае (при многокритериальном синтезе СПО) данные коэффициенты формировались также автоматически на основе обработки знаний экспертов об исследуемой предметной области, представленных в нечетко-продукционном виде.

2.5. Разработано и реализовано программно-методическое обеспечение формирования научно обоснованных требований к облику систем комплексного моделирования и управления территориально-распределенной обработкой и использованием полученных данных в промышленном интернете.

Оригинальность и новизна данного результата состоит в том, что соискателю удалось в явном виде связать в рамках созданных аналитико-имитационных моделей внешние (несобственные) показатели эффективности функционирования указанных систем с соответствующими параметрами и характеристиками аппаратно-программных комплексов, входящих в их состав. На основании этих зависимостей может быть проведено «выравнивание» (балансировка) таких характеристик рассматриваемых систем обработки данных как дифференциальная и интегральная пропускная способность, что, в конечном итоге, может существенно сократить их стоимость без потери качества функционирования.

2.6. Определены и обоснованы границы применимости созданного диссертантом программно-математического обеспечения. На основе результатов исследования закономерностей изменения значений таких характеристик промышленного интернета, как степень унифицированности и связанности используемых вычислительных ресурсов, степень упорядоченности работ, операций и параметров передаваемых и обрабатываемых потоков данных и информации разработаны и реализованы на практике соответствующие программные модули многоэтапного проактивного (упреждающего) управления информационными процессами в глобально распределенной системе обработки информации, работоспособность которых была продемонстрирована на примере решения задач оперативного прогнозирования наводнений.

Предложенная в диссертации оригинальная многоуровневая интеграция созданных программных модулей позволяет их рассматривать как обобщенную кибер-физическую систему вследствие наличия в ней элементов, реализующих разнотипные технологические процессы, а также сложные многовариантные процессы обработки данных и технологий туманных вычислений.

3. Практическая значимость результатов исследований

Практическая значимость результатов диссертационных исследований определяется, прежде всего, ее всесторонней реализацией в различных предметных областях, к которым можно отнести ракетно-космическую отрасль, судостроение, государственное управление, природопользование, сферу современных и перспективных информационных интеллектуальных технологий и систем, образовательную деятельность.

При этом как следует из содержания диссертации и полученных актов о ее практической реализации за счет проведенной многокритериальной оптимизации показатель оперативности реализации синтезированных технологий и планов управления информационными процессами может быть повышен в среднем на 15%, а показатели ресурсоемкости и стоимости (в энергетическом или денежном выражении) – улучшены в среднем на 30% по сравнению со значениями

аналогичных показателей, получаемых при использовании традиционных эвристических методов и алгоритмов решения задач календарного планирования и составления расписаний применительно к рассматриваемой предметной области.

Вторым важным аспектом практической ценности и значимости реализации результатов диссертации является их ориентация на перспективные разработки.

Свидетельством этого является непосредственное участие диссертанта в выполнении фундаментальных и прикладных исследований как в рамках гранта РФФИ № 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», так и грантов РФФИ № 15-08-08459 «Разработка и исследование моделей и методов комплексного адаптивного планирования работы системы управления сложными техническими объектами», РФФИ № 16-07-00779 «Разработка методологии и модельно-алгоритмического обеспечения проактивного управления структурной динамикой социо-кибер-физических систем», 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», в которых он был исполнителем.

Практическая значимость результатов, полученных в рамках перечисленных грантов, состоит в том, что они позволяют осуществить переход от существующих эвристических способов синтеза технологий и программ управления информационными процессами в различных классах киберфизических систем (КФС) к последовательности целенаправленных теоретически и методически обоснованных оптимальных технологий и программ гарантированного проактивного управления указанными системами.

Более того, разработанная и реализованная в рамках рассматриваемой диссертации прикладная теория синтеза технологий и комплексных планов

управления информационными процессами в КФС, а также созданные инструментальные средства автоматизации моделирования сложных логико-динамических объектов на базе предложенного соискателем расширения языка описания бизнес-процессов BPMN (Business Process Model and Notation) позволили существенно снизить трудоемкость проектирования и внедрения на практике специального программного обеспечения (СПО) решения задач системного моделирования и управления территориально-распределенной обработкой и использованием полученных данных в промышленном интернете в интересах повышения его эффективности.

При этом требования к квалификации лиц, которые планируется привлекать к процессам эксплуатации и сопровождения данного СПО, были значительно снижены за счет перевода этих процессов из категории «искусство» в категорию «технология», что в значительной мере повышает эффективность использования созданного модельно-алгоритмического и программно-информационного обеспечения синтеза технологий и комплексных планов управления информационными процессами в КФС.

4. Достоверность и степень обоснованности основных результатов исследований

Полученные в диссертационной работе основные положения, выводы и рекомендации являются в достаточной мере обоснованными и аргументированными. Обозначенная в диссертации проблема была исследована и решена должным образом с использованием фундаментальных основ системного анализа, общей теории систем, теории систем и управления, теории вероятностей и математической статистики и теории принятия решений.

Подтверждением достоверности основных результатов диссертационных исследований являются:

- обширный сравнительный анализ достоинств и недостатков существующих научных разработок по исследуемой проблематике;

- корректность разработанных математических методов, моделей, алгоритмов;
- апробация основных теоретических положений диссертации в высокорейтинговых печатных трудах и докладах на крупных международных конференциях;
- согласованность изложенных в диссертации результатов с результатами опроса экспертов по проектированию, внедрению и эксплуатации киберфизических систем;
- получение положительного эффекта от внедрения основных научных положений диссертации в нескольких предметных областях.

5. Апробация работы, публикации и соответствие паспорту специальности

Научные положения диссертации Потрясаева С.А. опубликованы в 105 научных трудах, в том числе: 26 статей в изданиях, рекомендованных ВАК для опубликования основных результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора технических наук, 5 патентов РФ, 5 свидетельств на программы; 38 статей зарегистрированы в SCOPUS, 19 статей зарегистрированы в Web of Science, остальные публикации – в научно-технических журналах и сборниках научных трудов. Полученные автором основные результаты также обсуждались на 18 международных, национальных и региональных научных конференциях.

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.

Также диссертационная работа соответствует 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.

6. Недостатки работы

1. В диссертации при решении задач синтеза технологий и комплексных планов управления информационными процессами в При в основном рассматриваются три вида структур соответствующих информационных систем, входящих в его состав: топологическая, техническая и функциональная структуры. Однако на практике, при создании и применении При наряду с указанными структурами приходится, кроме того, одновременно оперативно синтезировать организационную, информационную структуры, а также структуры лингвистического, эргономического, программного и математического обеспечения. Указанная многоструктурность требует своего описания и исследования. В диссертации данный аспект задач проактивного управления информационными процессами в При не нашел отражения.

2. Процессы проектирования и использования таких сложных объектов как При сопровождаются многочисленными распределенными интерактивными процессами принятия решений лицами, ответственными за создание указанных систем. Другими словами, при исследовании данных процессов необходимо учитывать человеческий фактор. В диссертации в ряде методик предполагается обращение к экспертам. Однако нигде не описаны в явном виде процедуры обработки данных сведений, не оценено влияние отдельных предпочтений проектировщиков на общий результат выбора наилучшего проектного и оперативного управленческого решения.

3. В диссертации недостаточно глубоко исследованы вопросы адаптации созданного специально-математического обеспечения к обстановке, изменяющейся в процессе функционирования При, хотя сама постановка соответствующих управленческих задач была проведена в 1 разделе диссертации (см. формулу 1.12).

4. В работе слабо отражены вопросы верификации и валидации созданного специального программно-математического обеспечения решения задач синтеза технологий и комплексных планов управления информационными процессами в При.

Приведенные недостатки 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.

7. Выводы

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. Автореферат в полной мере отражает основные положения и результаты диссертационной работы.

Диссертация Потрясаева С.А. характеризуется новизной, теоретической и практической значимостью и ценностью полученных результатов. Сами результаты являются научно обоснованными и достоверными.

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

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

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

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет Петра Великого, профессор Высшей школы киберфизиче

195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая,

Телефон: (812) 297-20-95, (812) 297-16-16.

+7-921-354-57-46

E:mail vgromov2018@list.ru

Громов Виктор Никифорович

Подпись. *Громов В.Н.*
УД
Ведущий
по кадрам. *Громов В.Н.*
«24» 04 2020 г.