



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования**

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

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

26.03.2020 № А5-02/20

На № 60-09-01-142 от 12.02.2020

«УТВЕРЖДАЮ»
Ректор университета
д.т.н., профессор

26 марта 2020 года
К.М. Иванов

О Т З Ы В

ведущей организации на диссертационную работу

Потрясаева Семена Алексеевича

**«Синтез технологий и комплексных планов управления
информационными процессами в промышленном интернет»,
представленную на соискание 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).**

I. Актуальность

Одной из главных тенденций в области информационных технологий (ИТ), существующих за рубежом и в нашей стране, является тенденция, связанная с созданием и широким использованием в различных предметных областях материального производства и оказания услуг (сервисов) Интернет-платформ, на базе которых в настоящее время разрабатываются и внедряются на практике технологии промышленного (индустриального) Интернета и Интернета вещей.

В соответствии с существующей концепцией промышленного Интернета производственное оборудование и производимые им изделия должны стать активными системными компонентами, управляющими своими производственными и логистическими процессами. Они будут включать в себя кибер-физические системы

1000

(КФС), связывающие виртуальное пространство Интернета с реальным физическим миром. КФС отличаются способностью планировать и адаптировать свое поведение согласно окружающим условиям и их ожидаемым (прогнозируемым) изменениям; учиться новым моделям и сценариям поведения, а также быть самоуправляемыми, в том числе, реализующими функции проактивного мониторинга, управления и метрологического самоконтроля. Их повсеместное внедрение приведет к гораздо большим изменениям, чем появление компьютеров и Интернета. Масштабный переход к КФС и связанными с ними промышленному Интернету и Интернету вещей многими рассматривается как 4-я промышленная революция, которая в Германии получила название – «Индустрия 4.0»

Создание экономически эффективных КФС возможно лишь в том случае, если данные, информация и знания, на которые они опираются, отличаются высокой достоверностью, поступают оперативно, а эксплуатационные затраты достаточно малы. Появление в различных предметных областях на уровне технологических процессов большого числа КФС, обладающих собственными управленческими, телекоммуникационными и вычислительными ресурсами, открывает широкие перспективы по их совместному использованию с существующими территориально-распределенными информационно-управляющими системами, а также автоматизированными системами обмена данными в целях дальнейшего повышения производительности при создании конкретных продуктов и услуг. Однако для этого необходима новая технология согласованного (скоординированного) управления указанными информационными процессами, дополненная соответствующим математическим, программным, информационным обеспечением решения задач планирования, прогнозирования, мониторинга, оперативного управления данными процессами.

Всесторонний и углубленный анализ современного состояния исследований по проблеме организации управления информационными процессами в существующем промышленном интернете, который провел в диссертации соискатель, показал, что постановка и решение данной проблемы не рассматривается комплексно на уровне предприятий, а задачи синтеза технологий и планов управления информационными процессами в промышленном интернете не упоминаются вообще (за редким исключением). Данный пробел в проектировании и эксплуатации промышленного интернета традиционно объясняется сложностью указанной проблемы, большой размерностью, нестационарностью, нелинейностью и неопределенностью соответствующих управленческих задач, для решения которых на практике используются различные метаэвристические подходы, такие, например, как генетические и муравьиные алгоритмы, метод имитации отжига, базирующиеся на теории расписаний и комбинаторике, и позволяющие получить допустимый план вычислений, но не предоставляющие информации об оценках степени отклонения значений показателей качества конкретного плана от оптимальных значений. В этих условиях весьма перспективными представляются исследования, направленные на оптимизацию процессов управления информационными процессами как в КФС, так и в целом в промышленном интернете.

Все вышеизложенное позволяет сделать вывод о том, что тема диссертационной работы Потрясаева С.А., посвященная разработке прикладной теории синтеза технологий и комплексных планов управления информационными процессами в киберфизических системах и её применению для решения задач системного моделирования и управления территориально-распределённой обработкой и использованием полученных данных в промышленном интернете в интересах повышения его эффективности, является **новой и актуальной**.

II. Научная новизна и основные результаты исследований

- 1) Предложена новая системно-кибернетическая интерпретация процесса функционирования промышленного интернета, на базе которой был построен оригинальный комплекс аналитико-имитационных логико-динамических моделей управления движением, каналами, ресурсами, параметрами целевых, обеспечивающих и вспомогательных операций, потоками и структурами. Главное достоинство данного полимодельного комплекса состоит в том, что с его помощью можно описать все основные функции управления информационными процессами в промышленном интернете, обеспечив, тем самым, бесшовное их взаимодействие, что особенно важно при проведении комплексной автоматизации данных функций.
- 2) В диссертации обоснованно доказано, что при решении поставленных задач синтеза технологий и комплексных планов целесообразно использовать необходимые условия оптимальности, полученные на основе метода локальных сечений Болтянского В.Г. В этом случае, в отличие от ранее существовавших подходов, удалось еще до процедуры оптимизации найти в явном виде множители Лагранжа, с помощью которых учитываются основные технические и технологические ограничения в моделях планирования. В указанной ситуации, используя разработанные в диссертации методы и алгоритмы, удалось исходную задачу синтеза технологий и комплексных планов управления информационными процессами, имеющую по своей «природе» сугубо дискретно-событийный характер, преобразовать в задачу неклассического вариационного исчисления, которая, в свою очередь, с помощью принципа максимума сводится к нелинейной краевой задаче. Другими словами, в диссертации предложен новый подход по преобразованию (редукции) задач выбора в дискретных пространствах к задачам выбора в конечномерных пространствах, что существенно упрощает в дальнейшем процедуры поиска оптимальных решений, по сравнению с традиционными подходами, используемыми при решении такого рода задач.
- 3) Разработаны комбинированные методы и алгоритмы, позволяющие не только решать непосредственно задачи синтеза технологий и программ управления информационными процессами в промышленном интернете, но и, во-первых, проводить анализ возможностей получения такого решения на основе построения и аппроксимации областей достижимости обобщенных логико-динамических систем в пространстве их системотехнических параметров, во-вторых, оценивать робастность синтезированных управляющих воздействий по отношению к интервально заданным возмущающим воздействиям, и, в-третьих, решать задачи синтеза технологий и программ управления информационными процессами в промышленном интернете при полностью децентрализованном режиме (с помощью математического аппарата бескоалиционных дифференциальных игр), а также при различных степенях централизации функций координации (коалиционные, кооперативные, иерархические дифференциальные игры).
- 4) Разработаны алгоритмы, позволяющие вычислять динамические приоритеты выполняемых в КФС целевых, обеспечивающих и вспомогательных операций. Указанные динамические приоритеты существенно отличаются от приоритетов, вычисляемых стандартными методами теории расписаний тем, что в них дополнительно в явном виде учитываются не только синтезируемая структура технологии управления КФС и в целом промышленного Интернета, но и параметры, используемые в моделях программного управления каналами, потоками, ресурсами, движением, структурной динамикой КФС, в моделях ликвидации прерываний операций, а также отношения предпочтения, задаваемые соответствующими показателями качества управления.
- 5) В диссертации предложен оригинальный подход к логико-динамическому описанию процессов функционирования КФС на программно-информационном уровне детализации в сущностях нотации BPMN (Business Process Model and Notation), используя для этого только стандартные механизмы её расширения. Такой способ описания, во-первых,

позволяет на практике решить весьма острую проблему предъявления высоких требований к уровню программно-математической подготовки потенциальных пользователей систем такого класса, обеспечивая доступ таких их категорий, как бизнес-аналитики, инженеры, разработчики, и, во-вторых, предоставляет широкий выбор стороннего программного обеспечения, который может быть использован для формирования исходных данных и реализации синтезированной технологии и плана управления информационными процессами в промышленном интернете.

б) Соискателем разработан эффективный способ решения традиционной проблемы поиска баланса между универсальностью и специализацией элементов распределенных инфокоммуникационных систем. Синтезированная технология управления информационными процессами предоставляет возможность на этапе планирования распределить вычислительные операции по имеющимся аппаратным ресурсам, а современные технологии контейнерной виртуализации позволяют заранее разместить на этих ресурсах только необходимые программные средства. В результате на каждом интервале планирования происходит автоматическая подстройка элементов информационной системы промышленного интернета для ситуационного поиска компромисса (обеспечения обоснованного баланса) между универсальностью и специализацией функций, реализуемых в каждом из них.

III. Практическая ценность результатов исследований

Практическая ценность результатов диссертационных исследований состоит в том, что ее результаты получили широкую и разностороннюю реализацию в таких наукоемких предметных областях как судостроение, космонавтика, государственное управление, экология и природопользование, робототехника, индустрия информационных технологий и катастрофоустойчивых информационных систем, образовательная деятельность. Такая разноплановая реализация говорит о фундаментальности научной базы, положенной в основу разработанного специально-математического, программного и информационного обеспечения решения задач синтеза технологий и комплексных планов управления информационными процессами в КФС и в целом в промышленном интернете. При этом, как следует из содержания диссертации и полученных актов о ее практической реализации, за счёт проведенной оптимизации в среднем показатель оперативности реализации синтезированного информационного процесса может быть повышен 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.

IV. Достоверность и обоснованность основных результатов исследований

Основные положения, выводы и рекомендации, полученные в диссертации, достаточно обоснованы и аргументированы. Сформулированная в диссертации проблема была исследована и решена на основе корректного использования фундаментальных концепций, принципов и подходов, используемых в системном анализе, общей теории систем, теории множеств и математических структур, теории автоматов и алгоритмов, программной инженерии, теории информационных систем и процессов, теории оптимального управления логико-динамическими системами, теории многокритериального выбора и исследований операций.

Достоверность основных выводов и результатов диссертации подтверждается:

- обстоятельным сравнительным анализом достоинств и недостатков предшествующих научных разработок по исследуемой проблематике и преемственностью основных научных положений, сформулированных автором;
- 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 проектирования, внедрения и эксплуатации СОУ ССЭС;
- положительными результатами внедрения основных научных положений диссертации в различных предметных областях.

V. Теоретическая значимость диссертационного исследования

Теоретическая значимость диссертации заключается в разработке и широкой практической реализации системно-кибернетического подхода к решению проблемы синтеза технологий и комплексных планов управления информационными процессами в киберфизических системах и промышленном интернете, базирующегося на фундаментальных и прикладных результатах, полученных к настоящему моменту времени в междисциплинарной отрасли системных знаний, что обеспечивает полноту, замкнутость и непротиворечивость результатов, полученных в ходе выполненных комплексных исследований. Предложенные и обоснованные концепции, принципы, подходы, методы, модели, алгоритмы, методики и программные средства решения задач многоэтапного многокритериального выбора допустимых топологических, технических, функциональных и программно-информационных структур промышленного интернета, а также решения задач оптимизации программ его функционирования являются новыми.

Полученные результаты диссертационного исследования имеют обобщенный междисциплинарный характер и представляют собой научные основы решения нового класса проблем динамического многокритериального структурно-функционального синтеза облика сложных объектов. Эффективность использования данных научных основ в диссертации продемонстрирована на примере задач синтеза технологий и комплексных планов управления информационными процессами в киберфизических системах и промышленном интернете.

VI. Практическая значимость диссертационного исследования

Разработанные в диссертации методологические, методические, программно-технологические основы решения задач синтеза технологий и комплексных планов управления информационными процессами в киберфизических системах и промышленном интернете 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. Это подтверждается многочисленными актами реализации, полученными соискателем из различных организаций, занимающимися как конкретным материальным производством и оказанием услуг (например, АО ЦТСС, НИИ КС, СПб ГУП ИАЦ), так и проводящих комплексными фундаментальными исследованиями (РНФ, РФФИ, Минобрнаука).

Разработанное специальное программно-математическое обеспечение является унифицированным и многофункциональным и имеет большие перспективы в реализации современных программ перехода РФ к цифровой экономике.

VII. Общая оценка содержания диссертации, полнота опубликованных результатов и соответствие паспорта 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.

Автореферат диссертации в целом 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.

VIII. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Проведенные в диссертации исследования необходимо продолжить в направлении расширения практических возможностей разработанных моделей и реализующих их методов, алгоритмов, программных средств в следующих основных направлениях.

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 аппаратурой автономных космических аппаратов, в частности, в Федеральном государственном унитарном предприятии (ФГУП) «НПЦ «Полнос» (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, разрабатываемыми 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, ИСА РАН, ВЦ 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».

IX. Замечания

1. В диссертации при решении задач оценивания возможностей и обеспечения устойчивости проактивного управления информационными процессами в промышленном интернете широко используется математический аппарат построения и аппроксимации областей достижимости управляемых логико-динамических систем. Однако в тексте работы нигде не сказано об оценках погрешности предложенных вариантов построения аппроксимированных областей достижимости.

2. Диссертантом при проведении исследований широко используются различные методы и алгоритмы многокритериального выбора, однако, к сожалению, нигде при этом не проводилось построение и анализ соответствующих множеств недоминируемых альтернатив (множеств Парето).

3. В работе при поиске синтезируемых технологий и планов информационного обеспечения функционирования промышленного интернета решаются различные двухточечные и многоточечные краевые задачи, к которым с помощью принципа максимума Л.С. Понтрягина, сводятся исходные задачи диссертационного исследования. Однако каких-либо теоретических и практических оценок сходимости соответствующих алгоритмов в диссертации не приводится.

Перечисленные 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.

X. Вывод

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.

Диссертация Потрясаева С.А. характеризуется новизной, теоретической значимостью и практической ценностью результатов. Результаты являются достоверными и научно обоснованными. Соискателем успешно решена актуальная научная проблема 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, имеющая важное социально-экономическое значение.

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)».

Диссертационная работа и отзыв обсуждены и одобрены на расширенном научном семинаре кафедры «Динамики и управления полетом летательных аппаратов» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Балтийский государственный технический университет "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова, протокол № *А5-03/120* от *04* марта 2020г.

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

О.А. Толпегин

Сведения о составителе отзыва:

ФИО: Толпегин Олег Александрович

Уч. степень, уч. звание: д.т.н., профессор

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

Тел: (812) 316-2394

e-mail: komdep@bstu.spb.su