

С. А. ПОТРЯСАЕВ, Б. В. СОКОЛОВ, Р. М. ЮСУПОВ
Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук, Санкт-Петербург

ПРОАКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫМИ ПРОЦЕССАМИ В ПРОМЫШЛЕННОМ ИНТЕРНЕТЕ

В докладе рассматриваются научные и практические основы разработанной прикладной теории проактивного (упреждающего) управления информационными процессами в промышленном интернете на основе облачных и туманных вычислений. Основной научный вклад результатов исследований состоит в том, что современная информатика, благодаря разработанной теории, обогащается методологией и методическим обеспечением, разработанным в классической кибернетике и неокибернетике. В докладе рассматриваются основные элементы данной теории, проводится анализ возможных путей её развития и практического использования.

Введение. В предлагаемом докладе в качестве основных объектов исследования рассматривались информационные процессы (ИнфП) в киберфизических системах (КФС) и промышленном интернете (ПрИ), а также системы и технологии проактивного управления ими, которые могут, как показывает анализ, широко использоваться при создании соответствующих катастрофоустойчивых информационных систем, повсеместное внедрение которых на практике в настоящее время является крайне необходимым [1–4]. 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, вызванной эпидемией коронавируса COVID-19. Для этого надо правильно организовать соответствующие информационно-управляющие и инфокоммуникационные процессы на основе интеграции облачных, граничных и туманных вычислений в рамках созданного и постоянно развиваемого ПрИ, важная роль в котором отводится существующим и перспективным КФС, создающим материально-информационную основу для реализации положительных и отрицательных обратных связей не только на технологическом, но, что особенно важно, организационных уровнях управления промышленным производством [3]. В отличие от интернета вещей, в ПрИ 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 оценён 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 **главная проблема оптимального распределения информационно-управляющих и инфокоммуникационных ресурсов в ПрИ** состоит в следующем. Определение оптимальных программ управления ИнфП в ПрИ может быть выполнено лишь после того, как будет известен перечень структур технологий, функций и алгоритмов обработки информации и управления в ПрИ, который должен быть реализован в соответствующих элементах и подсистемах. 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 [2–7]. В этих условиях объективно становится необходимой разработка соответствующих теоретических основ (концепций, моделей, методов, алгоритмов и методик) решения различных классов задач многокритериального структурно-функционального синтеза и управления ИнфП в ПрИ. Все вышеизложенное позволяет сделать вывод о том, что данная тематика является, несомненно, **новой и актуальной** и требует проведения соответствующих комплексных междисциплинарных исследований.

Методология и технологии решения проблемы. В основу создаваемой методологии решения исследуемой проблемы были положены три фундаментальные системно-кибернетические концепции – *концепция комплексного (системного) моделирования ПриИ* (и его базовых элементов – КФС), которая предполагает разработку и реализацию новых принципов, подходов к проведению полимодельного логико-динамического описания различных вариантов построения и использования ПриИ, а также разработку и комбинированное использование методов, алгоритмов и методик многокритериального анализа, синтеза и выбора наиболее предпочтительных проактивных управленческих решений (в том числе и ориентированных на их реконфигурацию), связанных с созданием, использованием и развитием рассматриваемых объектов в различных условиях динамически изменяющейся внешней и внутренней обстановок; *концепция проактивного управления структурной динамикой ПриИ* в изменяющихся условиях, вызванных воздействием возмущающей среды. *Проактивное управление*, в отличие от традиционно используемого на практике *реактивного управления* ПриИ (КФС), ориентированного на оперативное реагирование на уже произошедшие негативные события и недопущение их последующего развития, предполагает упреждающее предотвращение причин возникновения инцидентов за счёт создания (либо целенаправленного поиска) в соответствующей системе проактивного мониторинга и управления *новых системно-функциональных резервов*, обеспечивающих динамическое формирование принципиально новых возможностей по парированию возможных расчетных и нерасчетных нештатных и аварийных ситуаций, с использованием методологии и технологий системного (комплексного) моделирования, а также многовариантного ситуационно-адаптивного прогнозирования. В докладе представлены конструктивные пути реализации данной концепции на основе построения и использования многомерных аппроксимированных областей достижимости логико-динамических моделей, описывающих рассматриваемую предметную область [2, 5, 9]. Еще одной используемой авторами доклада концепцией является *концепция интеллектуализации управления*, предусматривающая в качестве условий эффективного управления ПриИ (КФС) необходимость применения интеллектуальных инструментов управления (новых интеллектуальных информационных технологий), носящих ярко выраженный инновационный характер и направленных на достижение комплексной интеграции естественного и искусственного интеллектов. Наряду с разработанной методологией в докладе представлены полимодельное логико-динамическое описание задач синтеза технологий и программ проактивного управления ИнфП в ПриИ, а также комбинированные методы и алгоритмы совместного и отдельного решения указанных задач, а также задач оценивания возможностей и обеспечения требуемого (оптимального) уровня показателей надежности, живучести, устойчивости и в целом эффективности рассматриваемых информационно-управленческих процессов.

Заключение. Основной научный вклад результатов выполненных исследований в рассматриваемой предметной области состоит в том, что современная информатика, благодаря разработанной прикладной теории проактивного управления ИнфП в ПриИ, обогащается методологией и методическим обеспечением, разработанным в классической кибернетике и неокибернетике. В докладе показано как на конструктивном уровне можно подойти к принципиально новому решению как задач многокритериального структурно-функционального синтеза и проактивного управления функционированием и развитием промышленного интернета, а также и доказательству корректности соответствующих вычислительных процедур. Предлагаемый подход, отличается от традиционно используемых типовых проектных решений и базируются не на эвристиках, а фундаментальных научных результатах, полученных к настоящему времени в системологии, информатике и теории управления, и позволяет на практике существенно повысить оперативность, обоснованность и в целом эффективность принятия решений на различных этапах жизненного цикла создаваемой продукции в существующем и перспективном ПриИ за счет их нового системно-кибернетического описания, а также комплексного решения. В докладе приводятся сведения о практической реализации выполненных исследований на промышленном предприятии, в ракетно-космической отрасли, в робототехнике, экологии [9].

Работа проводилась при частичной финансовой поддержке грантов РФФИ (№№ 17-29-07073-офи-м, 18-07-01272, 18-08-01505, 19-08-00989, 20-08-01046), в рамках бюджетной темы №№0073-2019-0004

ЛИТЕРАТУРА

1. **Юсупов Р.М., Соколов Б.В., Охтилев М.Ю.** Теоретические и технологические основы концепции проактивного мониторинга и управления сложными объектами // *Известия Южного Федерального университета. Технические науки*. 2015. №1(162). С. 162–174.
2. **Охтилев М.Ю., Соколов Б.В., Юсупов Р.М.** Интеллектуальные технологии мониторинга и управления структурной динамикой сложных технических объектов. М.: Наука, 2006. 410 с.
3. **Куприяновский В.П., Намиот Д.Е., Синягов С.А.** Кибер-физические системы как основа цифровой экономики // *International Journal of Open Information Technologies*. 2016. Т. 4. № 2. С. 18–24.
4. **Wolf W** // Cyber-physical systems. *Computer*. 2009. № 3. С. 88–89.
5. **Микони С.В., Соколов Б.В., Юсупов Р.М.** Квалиметрия моделей и полимодельных комплексов. М.: РАН, 2018. 314 с.
6. **Цвиркун А.Д.** Основы синтеза структуры сложных систем. М.: Наука, 1982. 200 с.
7. **Цвиркун А.Д., Акинфиев В.И.** Структура многоуровневых и крупномасштабных систем (синтез и планирование развития). М.: Наука, 1993. 157 с.
8. **Ростовцев Ю.Г., Юсупов Р.М.** Проблема обеспечения адекватности субъектно-объектного моделирования // *Известия ВУЗов. Приборостроение*. 1991. № 7. С. 7–14.
9. <http://litsam.ru>

S.A. Potraysaev, B.V. Sokolov, R.M. Yusupov, St.Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, St.Petersburg

Proactive Information Control on the Industrial Internet

The report shows the scientific and practical foundations of the developed applied theory of proactive control of information processes in the industrial Internet based on cloud and fog computing. The main scientific contribution of the research results is that modern informatics, thanks to the developed theory, is enriched with the methodology and methodological support developed in classical cybernetics and neocybernetics. The report shows the main elements of this theory, analyzes the possible ways of its development and practical use.