

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации



Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования

«Московский государственный
технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1
Тел. (499) 263-63-91 Факс (499) 267-48-44
E-mail: bauman@bmstu.ru
ОГРН 1027739051779
ИНН 7701002520 КПП 770101001

30.01.2023 № 04-10/390

на № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке и цифровому
развитию д.э.н. профессор
Павел Анатольевич Дроговоз

«30» января 2023



ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Сулейкина Александра Сергеевича на тему «Методы анализа и синтез архитектуры цифровых производственных экосистем», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3 - Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки)

1. Актуальность темы исследования

Цифровая экосистема (ЦЭС) предприятия - это распределенная социотехническая система, обладающая свойствами адаптивности, самоорганизации и устойчивости, функционирующая в условиях конкуренции и сотрудничества между ее составными частями (автоматизированные системы и экономические субъекты), в которой осуществляется обмен знаниями для ее эволюционного развития. Создание ЦЭС промышленных предприятий и компаний на основе отраслевых и меж-секторальных цифровых платформ способствует созданию новых бизнес-моделей и инновационных решений, повышающих эффективность функционирования этих предприятий и компаний.

В диссертационной работе Александра Сергеевича Сулейкина предложен метод создания интегрированной системы управления промышленным предприятием как ЦЭС. В качестве основного принципа

управления ЦЭС предложено использовать управление на основе прогнозирующих моделей. В качестве математических моделей производственных процессов использованы модели, основанные на знаниях, получаемых посредством интеллектуального анализа данных. По аналогии с природными экосистемами, элементы ЦЭС, призванные решать те или иные целевые задачи (наборы задач) либо выполняющие сервисные функции, в диссертации названы цифровыми консортами.

Для разработки и адаптивной настройки системы управления предприятием в диссертации предложено использовать цифровые двойники, в качестве которых могут рассматриваться кибер-физические системы и имитационные модели производственных процессов.

Актуальность темы диссертационного исследования обусловлена технологической, экономической и экологической целесообразностью построения системы управления ЦЭС промышленного предприятия как интегрированной системы управления производственным комплексом с использованием предиктивных моделей реального времени производственных процессов на основе обработки больших разнородных производственных данных.

2. Структура и содержание работы

Диссертационная работа Александра Сергеевича Сулейкина содержит введение, четыре главы, заключение, список используемой литературы, включающий 170 наименований, приложение. Общий объем составляет 130 страниц. Диссертация включает в себя 23 иллюстрации, одну таблицу.

Во **введении** приведено обоснование актуальности темы диссертационной работы, определены цели и задачи, представлены основные методы исследования.

В **главе 1** диссертационной работы приведен аналитический обзор научных исследований по теме диссертации, освещены методы разработки ЦЭС в области, электроэнергетических и производственных систем. Показано, что

эффективность ЦЭС определяется их реализацией в цифровой информационной среде посредством современных информационных технологий, в частности, технологий больших данных (Big Data).

Введено понятие консортов ЦЭС: консорты-решатели целевых задач, интерпретируемых как задачи управления; обслуживающие консорты, которые осуществляют обработку данных; инфраструктурные консорты. Показано, что консорты в процессе адаптации к условиям существования и функционирования получают дополнительное преимущество, создавая многочисленные взаимосвязи и увеличивая тем самым связность системы.

В главе 2 предложен мультиконсортный подход к синтезу производственной ЦЭС с использованием цифровых алгоритмов идентификации и прогнозирования производственных ситуаций.

Сформулированы условия устойчивости интегрированных систем управления производством как мультиконсортных систем.

Представлен подход к формированию ассоциативной модели «производственной ситуации», которую определяют состояния всех консортов соответствующей ЦЭС.

В главе 3 представлены разработанные соискателем концептуальные модели архитектуры системы управления ресурсами производства в ЦЭС предприятия.

Показано, что для эффективного и гибкого управления производственным процессом предприятия необходимо интегрировать большое число данных от разных источников, таких как датчики производственного оборудования, АСУ ТП, системы производственного управления класса MES, системы планирования производственных ресурсов MRP. Также необходима интеграция учетных данных предприятия с уровня ERP, корпоративных справочников предприятия, аналитических отчетов BI - систем (бизнес-аналитика), внешних открытых источников данных, данных конкурентов и партнеров из внешних цифровых экосистем и др. Другими словами, показано, что построение интегрированной системы управления

ЦЭС предприятия включает в себя интеграцию гетерогенных, асинхронно поступающих данных с разных уровней промышленного предприятия, построение отказоустойчивой горизонтально-масштабируемой системы хранения и управления этим данными, а также построение интеллектуальных сервисов прогнозирования динамики консортов.

Предложено применение «технологий слияния данных» (Data Fusion) разных уровней.

Сформулирован критерий устойчивости системы управления ЦЭС, в котором учитывается устойчивость всех подсистем управления, стабильность функционирования элементов инфраструктуры ЦЭС, стабильность функционирования консорт-сервисов.

Показано, что условием стабильного функционирования мультиконсортной системы является стабильность функционирования сервис-консортов и консортов инфраструктуры ЦЭС.

В главе 4 представлен прототип системы управления ресурсами производства в ЦЭС ПАО «КАМАЗ», В прототипе реализовано разработанное в диссертации математическое и алгоритмическое обеспечение.

3. Оценка новизны и достоверности научных результатов

Научная новизна работы заключается в следующих результатах.

1) Предложена архитектура системы управления ЦЭС промышленного предприятия на основе цифровых предиктивных моделей.

2) Предложен и разработан ассоциативный метод идентификации ЦЭС как мультиконсортной системы.

3) Предложен метод ассоциативного прогнозирования производственных ситуаций, отличительной особенностью которого является учет состояния обеспечивающих сервисов и элементов инфраструктуры предприятия.

4) Получены условия устойчивости мультиконсортных производственных систем.

Достоверность полученных результатов обеспечивается использованием известных теоретических методов и корректностью математических выводов. В исследовании использованы методы теории управления и теории идентификации, методы интеллектуального анализа данных, методы кластеризации, вычислительные методы.

Основные результаты работы по теме диссертации опубликованы в 24 научных изданиях, содержащихся в перечне ВАК РФ и индексируемых в базах данных Web of Science и/или SCOPUS.

Апробация работы осуществлена в рамках обсуждения на 10 международных конференциях.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в разработке прототипа системы управления производственными ресурсами в ЦЭС промышленного предприятия, которая предоставляет следующие возможности: в режиме реального времени формировать прогнозирующие модели изменения состояния ресурсов производства; в режиме реального времени прогнозировать критичные отклонения исследуемых показателей системы для поддержки принятия превентивных управленческих решений; устойчиво функционировать и самостоятельно возобновлять работу в случае отказов оборудования; взаимодействовать с другими внешними экосистемами, обмениваясь данными через специальные консорт-сервисы.

4. Замечания по диссертации и автореферату

1) Охват тем, освещенных в обзоре литературы, является более широким, чем того требует диссертационное исследование, что несколько «затушевывает» основную тему диссертации.

2) В диссертационной работе приведены принципы проектирования концептуальных архитектур ЦЭС промышленных предприятий и функциональных архитектур консорт-сервисного слоя. Было бы

целесообразно представить более детально основные элементы этих архитектур.

3) Недостаточно четко определены такие авторские термины, как консорт, идентификационная модель, ассоциативное прогнозирование.

4) Встречаются некоторые стилистические неточности, например: «обмен прогнозами с партнерами для достижения синергетического эффекта» (стр.73); «...стабильность каждого консорт-сервиса и консортов инфраструктуры оценивается показателем, значения которого... означают процент стабильной работы (стр.76).

Указанные замечания носят рекомендательный и редакционный характер.

Заключение

Диссертационная работа Сулейкина Александра Сергеевича является законченной, самостоятельной научно-квалификационной работой. Тема исследований актуальна. Результаты работы получены автором лично, обладают научной новизной и практической значимостью.

Публикации соискателя раскрывают основные положения и результаты работы.

Автореферат отражает содержание диссертационной работы.

Итого, диссертационная работа Сулейкина Александра Сергеевича «Методы анализа и синтез архитектуры цифровых производственных экосистем» соответствует требованиям пунктов 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842, с изменениями на 26 сентября 2022 года, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности по специальности 2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки).

Отзыв обсуждён и одобрен на заседании кафедры систем автоматизированного проектирования МГТУ им. Н.Э. Баумана 26 декабря 2022 года (протокол №8а).

Сведения об организации: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»

Адрес 105005, г. Москва, улица 2-я Бауманская, д. 5, стр. 1

Тел.: +7 (499) 263 63 91

Факс: +7 (499) 267 48 44

Веб-сайт: bauman@bmstu.ru

Адрес электронной почты: <https://bmstu.ru>

Заведующий кафедрой
систем автоматизированного проектирования
МГТУ им. Н.Э. Баумана
доктор физ.-мат. наук, профессор

Карпенко Анатолий Павлович

30.01.2023

