

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по науке и инновациям
Пермского национального
исследовательского политехнического
университета,
доктор физ.-мат. наук, доцент



Швейкин Алексей Игоревич
«18» марта 2024 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования «Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации

Диссертация «Бизнес-процессы, модели и интеллектуальная система управления промышленным предприятием в условиях мелкосерийного производства» выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» на кафедре «Вычислительная математика, механика и биомеханика».

В период подготовки диссертации соискатель Вожаков Артем Викторович работал в ООО «ИБС Софт» архитектором информационных систем, по совместительству в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации на кафедре Вычислительная математика, механика и биомеханика в должности доцента.

В 2006-м году Вожаков А.В. окончил государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет» по специальности «Прикладная математика и информатика», специализация «Математическое моделирование».

В 2009-м году окончил очную аспирантуру государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет» по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в промышленности)».

Диссертация «Автоматизация операционного планирования дискретного производства при нечеткой исходной информации» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 –

Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в промышленности) защищена 17 ноября 2009 г. в диссертационном совете Д 212.188.04 при Пермском государственном техническом университете.

Научный консультант – доктор технических наук, профессор Столбов Валерий Юрьевич, работает заведующим кафедрой «Вычислительная математика, механика и биомеханика» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» Министерства образования и науки Российской Федерации.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

1. Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации, заключается в следующем:

- сформулировал концепцию интеллектуальной системы управления мелкосерийным производством, опирающейся на информационные источники генерируемые и хранимые в автоматизированной системе управления для решения прикладных задач управления производством с использованием лучших практик оптимизации производства;
- предложил модель и алгоритм решения задачи оптимального календарного планирования производства с учетом ограничений по оборудованию, доступности материалов и персонала;
- предложил модель и алгоритм синхронизации производственных процессов с учетом ритмичности выполнения работ и ограничений на уровень незавершенного производства;
- разработал модель и алгоритм решения задачи оптимального управления производством на оперативном уровне управления с использованием базы знаний и нечетких предпочтений при закреплении ресурсов;
- разработал модель поддержки принятия коллективных решений в рамках единой информационной системы предприятия (интеллектуальный анализ и поиск решений).

2. Научная новизна диссертационного исследования заключается в том, что получены следующие новые научные результаты:

- разработана новая концепция интеллектуальной системы управления промышленным предприятием, отличающаяся учетом лучших практик организации производства и применением методов искусственного интеллекта при решении задач управления, а также встроенной экспертной системой поддержки принятия решений;
- разработаны новая постановка и метод решения многокритериальной задачи календарного планирования производства с учетом ограничений по оборудованию, доступности материалов и персонала в условиях нечеткой исходной информации, отличающиеся учетом ограничений на все виды ресурсов и использованием расширенного специального нечеткого множества для построения обобщенного критерия оптимальности плана производства;

- разработаны новая постановка и метод решения задачи синхронизации производственных процессов с учетом ритмичности выполнения работ и ограничений на уровень незавершенного производства, отличающиеся от частного решения теории быстро реагирующего производства большей универсальностью и расширенным спектром применения на предприятиях за счет отсутствия требований по изменению производственной логистики;
- предложены новая постановка и алгоритм решения задачи оптимального управления производством на оперативном уровне с использованием базы знаний и нечетких предпочтений при закреплении ресурсов, которые отличаются крайне низкими требованиями к полноте и качеству нормативно-справочной информации, требуемой для получения рационального решения;
- предложены новая постановка и алгоритм задачи поддержки принятия коллективных решений в рамках единой информационной системы предприятия, которые отличаются учетом специфики предметной области и учету дополнительных ограничений на параметры эффективности производства;
- разработаны узкоспециализированные эвристические методы и алгоритмы решения интеллектуальных задач управления, отличающиеся от известных численных методов оптимизации более высокой скоростью нахождения близких к оптимальным решениям поставленных задач.

3. Степень достоверности результатов проведенных исследований обеспечена системным подходом к решению задач оптимального управления производством; опорой на современные методы и средства моделирования и проектирования сложных человеко-машинных систем; корректным использованием данных решения тестовых задачи и подтверждена результатами натуральных экспериментов; внедрением полученных результатов в ряде крупных компаний в рамках проектов разработки и внедрения интеллектуальных систем управления производством.

Изложенные в работе выводы и рекомендации базируются на результатах работ, проведенных соискателем в рамках данного исследования.

4. Теоретическая и практическая значимость исследования. В работе получили развитие теоретические положения теории принятия решений, теории коллективного выбора, теории управления большими автоматизированными системами.

Теоретическая значимость результатов диссертационного исследования состоит:

- в постановке и решении задачи оптимального календарного планирования производства с учетом ограничений по оборудованию, доступности материалов и персонала;
- в постановке и решении задачи синхронизации производственных процессов с учетом ритмичности выполнения работ и ограничений на уровень незавершенного производства;

- в постановке и решении задачи оптимального управления производством на оперативном уровне управления с использованием базы знаний и нечетких предпочтений при закреплении ресурсов;

- в постановке и решении задачи поддержки принятия коллективных решений в рамках единой информационной системы предприятия (интеллектуальный анализ и поиск решений).

Практическая ценность полученных результатов заключается в:

- разработке алгоритмов и программного обеспечения для решения задачи календарного планирования производства;

- разработке имитационной модели синхронизированного производства;

- разработке алгоритмов и программного обеспечения для решения задачи оптимального управления производством на оперативном уровне управления с использованием базы знаний и нечетких предпочтений при закреплении ресурсов.

- разработке программного модуля синхронизации производства для 1С ERP;

- практической реализации интеллектуальной системы управления промышленным предприятием в условиях мелкосерийного производства;

- апробации разработанной автоматизированной интеллектуальной системы управления промышленным предприятием в условиях реальных производств.

Разработанные в диссертации модели, алгоритмы и программное обеспечение прошли апробацию на промышленных предприятиях ПАО «Мотовилихинские заводы», АО «Редуктор-ПМ», ГК «Содружество» и др. Акты внедрения и справки о практическом использовании результатов исследования приведены в приложении к диссертации.

5. Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем

Содержание диссертационной работы достаточно полно отражено в 43 работах, из них 2 монографии, 12 статей опубликованы в изданиях из Перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, 4 работы, опубликованы в научных изданиях, индексируемых в Web of Science и Scopus, 23 статьи в других периодических международных и российских изданиях.

Публикация в изданиях, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук

1) Федосеев С.А., Вожаков А.В., Гитман М.Б. Управление производством на тактическом уровне планирования в условиях нечеткой исходной

информации // Проблемы управления / Control Sciences. – 2009. – № 5. – С. 36–43.

2) Федосеев С.А., **Вожаков А.В.**, Гитман М.Б. Модель календарного планирования производства с нечеткими целями и ограничениями // Системы управления и информационные технологии. – 2009. – № 3 (37). – С. 21–24.

3) **Вожаков А. В.**, Гитман М. Б., Федосеев С. А. Комплексное оценивание при выборе оптимального плана производства на тактическом уровне с учетом нечетких критериев и ограничений // Управление большими системами. – 2010. – Вып. 30. – С.164–179.

4) **Вожаков А.В.**, Евстратов С.Н., Столбов В.Ю. Автоматизация планирования производства в рамках единой информационной системы многопрофильного предприятия // Автоматизация в промышленности. – 2012. – № 2. – С.13–16.

5) **Вожаков А.В.**, Крюков О.В., Лесников Е.И. и др. Круглый стол о причинах недостаточно эффективного построения и эксплуатации систем автоматизации // Автоматизация в промышленности. – 2012. – № 2. – С. 38–47.

6) **Вожаков А.В.**, Гитман М.Б., Столбов В.Ю. Ситуационный центр как инструмент интеллектуализации системы управления производством // Интеллектуальные системы в производстве. – 2013. – № 2. – С. 45–49.

7) **Вожаков А.В.**, Гитман М.Б., Столбов В.Ю. Алгоритм принятия управленческих решений на базе ситуационного центра промышленного предприятия // Автоматизация в промышленности. – 2014. – № 8. – С. 8–12.

8) **Вожаков А.В.**, Гитман М.Б., Столбов В.Ю. Модели принятия коллективных решений в производственных системах // Управление большими системами. – 2015. – Вып. 58. – С.161–178.

9) **Вожаков А.В.** Синхронизированная система управления мелкосерийным производством // Автоматизация в промышленности. – 2017. – № 8. – С. 6–10.

10) **Вожаков А.В.**, Гитман М.Б., Столбов В.Ю. Задача синхронизации материальных потоков в мелкосерийном производстве // Интеллектуальные системы в производстве. – 2017. – № 1. – С. 52-59.

11) **Вожаков А.В.** Задача оперативного управления производством с использованием базы знаний и нечетких предпочтений при подборе ресурсов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2019. – № 1. – С. 77-90.

12) **Вожаков А.В.**, Столбов В.Ю. Концепция интеллектуальной системы управления мелкосерийным производством // Прикладная математика и вопросы управления / Applied Mathematics and Control Sciences. – 2023. – № 2. – С. 53–60.

**Публикации в изданиях, индексируемые в международных
реферативных базах и системах цитирования**

- 13) **Vozhakov A.V.**, Yevstratov S.N., Stolbov V.Yu. Automation of Production Planning within an Integrated Information System of a Multi-Field Enterprise // Automation and Remote Control. – 2014. – Vol. 75, No. 7. – P. 1323–1329.
- 14) **Vozhakov A.**, Gitman M., Stolbov V. Synchronization and management of material flows in small-scale production // Advances in Engineering Research. – 2018. – Vol. 157. – P. 622–626.
- 15) **Vozhakov A.** The Practice of Creating Intelligent Manufacture Management Systems Based on a ERP // Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2021. – Vol. 1352. – P. 327–339.
- 16) **Vozhakov A.** Intelligent Scheduling in MES with the Fuzzy Information and Unclear Preferences // Lecture Notes in Networks and Systems. – 2022. – Vol. 381. – P. 131–143.

Работы, выполненные в соавторстве, заключаются в разработке концепции, принципов, моделей и алгоритмов управления, разработке программного обеспечения для реализации интеллектуальной системы управления производственным предприятием, апробации и внедрении полученных результатов, оценке и обобщении результатов.

Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ

- 17) Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2011615956. Российская Федерация. Автоматизированная система планирования производства и оптимизации / **А. В. Вожаков**, М. Б. Гитман, С. А. Федосеев; заявка 2011614136, поступл. 06.06.2011, опубл. 29.07.2011, бюл. № 7. – 1 с.
- 18) Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023684916. Российская Федерация. Программный комплекс управления промышленным предприятием в условиях мелкосерийного производства. / **А. В. Вожаков**, В. Ю. Столбов, С. А. Федосеев. заявка 2023669346, поступл. 20.09.2023, опубл. 21.11.2023, бюл. № 12. – 1 с.

В программах для ЭВМ соискателем разработаны основные программные компоненты и алгоритмы работы системы, за исключением алгоритмов поддержки принятия коллективных решений ситуационного центра.

Монографии

- 19) Федосеев С.А., Гитман М.Б., Столбов В.Ю., Вожаков А.В. Управление качеством продукции на современных предприятиях: монография. – Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2011. – 229 с.
- 20) Вожаков А.В., Столбов В.Ю., Федосеев С.А. Интеллектуальные информационные системы управления предприятием: модели и практики: монография. – М: Университетская книга, 2021. – 304 с.

В монографиях соискателем написаны главы, посвященные разработке концепции интеллектуальной системы управления, алгоритмам планирования и

синхронизации производства, практической реализации интеллектуальной системы управления.

Другие статьи и материалы конференций

- 21) Вожаков А.В., Гитман М.Б. Модель календарного планирования с нечеткими ограничениями // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова, 2008, № 4. С. 79-82.
- 22) Вожаков А.В., Гитман М.Б. Модель календарного планирования с нечеткими ограничениями // Труды 35-й юбилейной международной конференции 6-й международной конференции молодых ученых «Информационные технологии в науке, образовании, телекоммуникации и бизнесе IT + S&E '08». – Украина, Крым, Ялта-Гурзуф, 2008. С. 202-204.
- 23) Вожаков А.В., Гитман М.Б. Программное обеспечение системы календарного планирования производства в условиях нечеткости исходной информации // Тезисы докладов 17-й Всероссийской конференции молодых ученых «Математическое моделирование в естественных науках». – Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008. С. 18-19.
- 24) Вожаков А.В. Календарное планирование производством в условиях нечеткости информации // Материалы 5-й Всероссийской школы-конференции молодых ученых «Управление большими системами». – Липецк: Изд-во ЛГТУ, 2008. С. 300-306.
- 25) Вожаков А.В., Федосеев С.А., Гитман М.Б. План-график производства при нечетких целях и ограничениях // Труды 36-й международной конференции «Информационные технологии в науке, социологии, экономике и бизнесе IT + S&E '09». – Украина, Крым, Ялта-Гурзуф, 2009. С. 288-289.
- 26) Федосеев С.А., Вожаков А.В., Гитман М.Б. Тактическое планирование производства при нечетких целях и ограничениях // Сборник научных трудов «Системы мониторинга и управления». – Пермь: Изд-во ПГТУ, 2009. С. 237-243.
- 27) Вожаков А.В. Управление дискретным производством с учетом нечетких ограничений на ресурсы предприятия // Материалы 6-й Всероссийской школы-конференции молодых ученых «Управление большими системами». – Ижевск: Изд-во ООО Информационно-издательский центр «Бон Анца», 2009. С. 89-97.
- 28) Федосеев С.А., Вожаков А.В., Гитман М.Б. Модель оптимального планирования производства на тактическом уровне с нечеткими ограничениями и критериями // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова, 2009, № 4. С. 78-89.
- 29) Вожаков А.В., Гитман М.Б., Елисеев А.С. Выбор оптимального плана производства на тактическом уровне планирования // Труды VII Всероссийской школы-конференции «Управление большими системами» (27-29 мая 2010 года, Пермь). Том 2. – Пермь: Изд-во ПГТУ, 2010. – С.22-30.
- 30) Вожаков А.В., Гитман М.Б., Евстратов С.Н. Задача перепланирования как часть комплексной задачи управления производством // Труды международной

научно-практической конференции «Теория активных систем» (14-16 ноября 2011 года, Москва, Россия). Том 3. – М.: ИПУ РАН, 2011. – С.32-35.

31) Вожаков А.В., Евстратов С.Н., Федосеев С.А. Принятие решений при операционном планировании производства с учетом требований потребителей // Труды международной научно-практической конференции «Теория активных систем – 2011». Под общей редакцией В.Н. Буркова, Д.А. Новикова. 2011. С. 119-123.

32) Евстратов С.Н., Вожаков А.В. задача агрегирования информационных объектов управления производством // Материалы IX Всероссийской школы-конференции молодых ученых «Управление большими системами». 2012. С. 38-40.

33) Вожаков А.В., Пустовойт К.С. модель перепланирования как важная составляющая системы управления производством // Материалы IX Всероссийской школы-конференции молодых ученых «Управление большими системами». 2012. С. 32–34.

34) Вожаков А.В., Пустовойт К.С., Столбов В.Ю. Механизмы и модели синхронизации интересов потребителей и производителей при управлении промышленным предприятием // Материалы конференции "Управление в технических, эргатических, организационных и сетевых системах". Под редакцией С.Н. Васильева, И.А. Каляева, Д.А. Новикова, Г.Г. Себрякова. М.: Изд-во ИПУ РАН, 2012. С. 923-927.

35) Вожаков А.В., Столбов В.Ю., Гитман М.Б. Интеллектуальная система перепланирования производства с учетом интересов потребителя и производителя // Материалы XLI Междунар. конф. «IT-S&E'2013», Украина, Крым, Ялта- Гурзуф, 2013. – С.27-30.

36) Вожаков А.В., Гитман М.Б. Алгоритм принятия управленческих решений на базе ситуационного центра промышленного предприятия // [Электронный ресурс] Труды XII Всероссийского совещания по проблемам управления ВСПУ-2013 Москва, 16-19 июня 2014г. М.: ИПУ РАН, 2014. – С.4839-48455.

37) Вожаков А.В., Данилов А.Н. Разработка интеллектуальной системы управления промышленным предприятием на основе модели с открытым интерфейсом // Прикладная математика и вопросы управления / Applied Mathematics and Control Sciences. – 2015. – № 2. – С. 31–46.

38) Вожаков А.В., Гитман М.Б., Столбов В.Ю., Елисеев А.С. Алгоритм принятия коллективных решений в рамках ситуационного центра промышленного предприятия // Прикладная математика и вопросы управления / Applied Mathematics and Control Sciences. – 2015. – №2. – С. 63–74.

39) Чимбур И.В., Вожаков А.В. модели многокритериального выбора при календарном планировании производства // Прикладная математика и вопросы управления / Applied Mathematics and Control Sciences. – 2015. – № 3. – С. 57-70.

40) Гитман М.Б., Федосеев С.А., Вожаков А.В. Математическое обеспечение процесса принятия коллективных решений в производственных системах // Материалы Всероссийской научной конференции по проблемам управления в технических системах (Санкт-Петербург. 28-30 октября 2015 г.). Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ». С. 21-25.

- 41) Вожаков А.В. Синхронизированная система управления мелкосерийным производством // Прикладная математика и вопросы управления / Applied Mathematics and Control Sciences. – 2016. – № 2. – С. 27–37.
- 42) Вожаков А.В., Гитман М.Б., Столбов В.Ю. Концепция интеллектуальной системы управления производством на базе лучших практик организации производства // Управление большими системами: материалы XIV Всероссийской школы-конференции молодых ученых. – Пермь, Изд-во ПНИПУ, 2017. –С. 469–488.
- 43) Вожаков А.В. Оперативное управление производством с использованием базы знаний и интеллектуального подбора ресурсов // Прикладная математика и вопросы управления / Applied Mathematics and Control Sciences. – 2018. – № 1. – С. 73–88.

6. Соответствие содержания диссертации специальности, по которой она рекомендуется к защите

Решение рассматриваемой научной проблемы предполагает научные исследования и технические разработки, включенные в формулу научной специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика:

- Формализация и постановка задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта (п.2).

- Разработка методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта (п.4).

- Разработка специального математического и программного обеспечения систем анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта (п.5).

- Разработка проблемно-ориентированных систем управления, принятия решений и оптимизации технических объектов (п.9).

- Методы и алгоритмы интеллектуальной поддержки при принятии управленческих решений в технических системах (п.10).

- Методы получения, анализа и обработки экспертной информации, в том числе на основе статистических показателей (п.13).

7. Соответствие диссертации требованиям, установленным п. 14 Положения о присуждении ученых степеней.

Диссертационная работа Вожакова Артема Викторовича представляет собой оригинальное исследование с корректным указанием ссылок на источники заимствования используемых научных и экспериментальных материалов. Автор работы корректно ссылается на научные работы, включая выполненные им лично, так и в соавторстве.

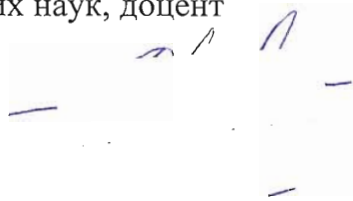
Диссертация «Бизнес-процессы, модели и интеллектуальная система управления промышленным предприятием в условиях мелкосерийного

производства» **Вожакова Артема Викторовича** рекомендуется к защите на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Заключение принято на заседании кафедры «Вычислительная математика, механика и биомеханика» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации

На заседании присутствовало 16 человек. Результаты голосования: «За» – 16 чел., «Против» – 0 чел., «Воздержалось» – 0, протокол № 1 от «24» января 2024 г.

Заместитель заведующего кафедрой
«Вычислительная математика, механика и биомеханика»
доктор технических наук, доцент



/ Федосеев Сергей Анатольевич/

Секретарь



/ Стражец Юлия Александровна/