

ОТЗЫВ

**Коваленко Анны Владимировны, официального оппонента
на диссертационную работу Вожакова Артема Викторовича
«Бизнес-процессы, модели и интеллектуальная система управления
промышленным предприятием в условиях мелкосерийного
производства», представленную на соискание учёной степени доктора
технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ,
управление и обработка информации, статистика**

Актуальность темы

Диссертационная работа Вожакова А.В., выдвинутая на защиту, направлена на решение проблемы повышения эффективности управления промышленным производством в условиях третьей промышленной революции и нестабильной внешней среды. Работа предлагает переход на цифровые интеллектуальные технологии и внедрение импортонезависимых программных решений. Результаты соответствуют приоритетам научно-технологического развития России, акцентируя внимание на использовании методов искусственного интеллекта для оптимизации производственных процессов. Это позволяет не только повысить результативность работы промышленных предприятий, но и эффективно реагировать на вызовы, связанные с изменчивостью рынка и управлением большими объемами данных.

Диссертационная работа включает в себя введение, шесть глав, заключение, список источников литературы и приложения. Текст работы занимает 397 страниц и содержит 104 иллюстрации, 37 таблиц, шесть приложений, а также список литературы, включающий 247 наименований.

В диссертационной работе основной целью исследования является разработка теоретических основ для поддержки принятия решений и повышения эффективности управления мелкосерийным производством. Для этого была сформулирована концепция и внедрена предложенная интеллектуальная система управления, основанная на опыте разработки автоматизированных систем управления, моделирования бизнес-процессов и лучших практиках реализации производственных процессов.

Для достижения этой цели были определены и решены следующие задачи:

- Создана концепция интеллектуальной системы управления мелкосерийным производством, основанная на использовании существующих информационных систем и применении передовых практик управления.

- Реализована и протестирована на практике интеллектуальная система управления для промышленного предприятия, функционирующего в условиях реального мелкосерийного производства.

- Проведены структурный анализ и декомпозиция производственной системы, а также разработана унифицированная модель бизнес-процессов.

- Определены и проанализированы ключевые задачи, которые необходимо решать в рамках интеллектуальной системы управления производством.

- Систематизированы принципы и международный опыт управления современными производственными предприятиями в условиях динамично меняющегося рынка, а также подходы к решению управленческих проблем, возникающих в сложных производственных условиях.

- Разработаны эффективные механизмы и алгоритмы для решения интеллектуальных задач управления с использованием методов математического и имитационного моделирования на основе знаний и нечёткой логики.

Оценка содержания работы

Диссертация А.В. Вожакова состоит из введения, 6-и глав, заключения, списка литературы и приложений.

Во введении сформулированы общие положения работы, определены основные цели и задачи исследования, а также методы, которые будут использованы в процессе. Указаны практическое значение работы и ее научная новизна. Предоставлены сведения об апробации достигнутых результатах, а также перечислены ключевые положения, которые будут представлены на защите.

В первой главе анализируются существующие методологии моделирования бизнес-процессов, системы автоматизированного управления (ERP/MES/APS), методы оптимизаций производства (Lean, TOC, QRM) и технологии цифрового производства (PLM/IoT). Эти направления играют ключевую роль в развитии промышленных компаний, однако их использование может усложнять интеграцию инструментов, что порой приводит к методологическим конфликтам. Второй аспект касается

специфичности и применимости различных методологий. Например, бережливое производство подходит для массового производства, в то время как QRM более эффективен в среде мелкосерийного производства. В этом контексте анализируется система производства мелкосерийных заказов сложных изделий, которая страдает от низкой эффективности и длительных циклов. Решение таких проблем требует внедрения новых управленческих инструментов, автоматизированных систем, положительных примеров их применения и реализованных практик. Проведённое исследование подчеркивает универсальность различных методологий и их возможную адаптацию, что укрепляет теоретическую базу для использования в других сферах народного хозяйства.

Во второй главе предложена концепция интеллектуальной системы управления производством, которая представляет новый этап развития управленческих систем. Синергетический эффект от интеграции передовых практик ярко проявляется на предприятиях, специализирующихся на мелкосерийном машиностроении. Ожидается, что внедрение этой системы повысит эффективность и снизит операционную нагрузку на любые производственные предприятия.

Концепция основана на использовании передовых технологий и методов искусственного интеллекта для оптимизации системы управления, принятия решений и анализа данных. Предложенная интеллектуальная система автоматически собирает, анализирует и интерпретирует данные, необходимые для предсказательной аналитики и нечёткой логики. Ключевыми элементами являются интеграция с ERP, создание системы управления знаниями, внедрение интеллектуальных компонентов для поддержки принятия решений, наличие открытых интерфейсов и использование ситуационного центра на предприятии.

Внедрение такой системы способствует улучшению оперативности и эффективности решений, делая управление более сбалансированным и продуктивным. Концепция позволяет усовершенствовать автоматизированные системы управления через добавление интеллектуальных элементов, требуя при этом минимальных инвестиций для её разработки и интеграции с уже существующими информационными системами.

В третьей главе представлены математические модели, используемые для совершенствования производственных процессов предприятия с использованием методов дискретной оптимизации. Рассмотрено многоуровневое планирование, включая оптимальное календарное планирование производства с учётом ограничений по оборудованию, материалам и персоналу. Введены ключевые понятия, такие как матрица применимости и матрица баланса.

Основные ограничения календарного планирования охватывают количественное соответствие операций, загрузку рабочих центров и соблюдение технологических маршрутов. Оптимальность определяется такими критериями, как комфортность, равномерность производства и сроки исполнения.

Также рассмотрена синхронизация процессов с учётом ритмичности и незавершённого производства на примере мелкосерийного производства. Введено понятие карточки синхронизации для минимизации излишков. Основное внимание уделено определению партий продукции на основе условий начала работ и приоритетов заказов.

Предложена модель оперативного управления процессами с использованием базы знаний и нечётких предпочтений для распределения ресурсов. Целью оперативного планирования является формирование сменных заданий и расписания операций с учётом ограничений: количество операций, трудоемкость, и порядок выполнения.

Для анализа распределения задач используются данные по выполнению сменных заданий, которые помогают оценить специализацию операций. Критерии оптимальности сменного задания включают срочность, минимальный риск и специализацию. Показано, что обобщённый критерий оптимальности может применяться как нечёткое множество.

Последней обсуждается задача выбора оптимального решения в быстрых и сложных ситуациях. Решение принимается коллективно экспертами с учётом предпочтений и квалификации, а также множества показателей качества. Для решения задачи выбора предложены специальные индексы ранжирования нечётких множеств.

В четвёртой главе рассмотрены существующие алгоритмы для решения задач дискретной оптимизации и оценены их возможности применения к

календарному планированию, производственной синхронизации, оперативному управлению и коллективному принятию решений. Анализ показал, что для крупномасштабных задач дискретной оптимизации текущие алгоритмы применимы лишь в ограниченном числе случаев. Задача коллективного принятия решений решается путём исчерпывающего перебора вариантов, в то время как для других задач автором были разработаны специальные эвристические методы. Эти эвристические алгоритмы подробно рассмотрены в данной главе.

Решение тестовых задач показало, что используемые алгоритмы могут находить оптимальные решения, по крайней мере в рамках тестового набора данных. Однако для окончательной оценки их эффективности необходимо практическое внедрение в условиях реального производства, а также апробация системы поддержки принятия решений и интеллектуальных элементов.

Пятая глава содержит описание практической реализации автоматизированной интеллектуальной системы управления для мелкосерийного производства. В качестве основного ERP-решения предлагается использовать «1С ERP Управление предприятием 2». Благодаря применению интеграционной шины данных и микросервисной архитектуры, система становится кроссплатформенной, масштабируемой и отказоустойчивой, что позволяет в любое время изменять любой компонент и обеспечивает совместимость с различными платформами и ERP-решениями. Разработка основана на современных лучших мировых и отечественных практиках. Итоговое решение отвечает высоким требованиям по масштабируемости, отказоустойчивости и адаптации корпоративных информационных систем. Интегрированные инструменты оптимизации, открытые интерфейсы и базы знаний создали уникальную интеллектуальную систему управления, способную решать широкий круг задач. Алгоритмы, знания и данные могут быть использованы повторно, что повышает общую эффективность системы.

Шестая глава описывает результаты испытаний разработанной автоматизированной интеллектуальной системы управления в условиях реального производства. Установлено, что внедрение этой системы значительно улучшает эффективность, включая следующие показатели:

1. Увеличение точности выполнения плана "точно в срок" (до 98% в некоторых случаях).
2. Сокращение уровня незавершенного производства (в среднем на 37%).
3. Уменьшение числа ошибок в планировании производства примерно на 70%.
4. Снижение операционной нагрузки на планировщиков (в некоторых случаях до 70%).
5. Повышение равномерности производства и сокращение внеплановых работ (в среднем на 36%).
6. Выявление и предотвращение нарушений, повышающее качество продукции и снижающее затраты на несоответствующую продукцию (в среднем на 7%).

Промышленная эксплуатация системы способствует прогрессу в производственном процессе, повышению качества продукции, уменьшению издержек и усилению конкурентоспособности компании. Также важно отметить, что все математические модели и формулы, использованные в исследовании, корректны. Выводы и результаты исследования свидетельствуют о том, что автор провел комплексное и завершенное научное исследование, отличающееся научной новизной и практической ценностью. Как выводы по каждой отдельной главе, так и общие выводы диссертации являются логичными и обоснованными.

Научная новизна, достоверность и обоснованность результатов диссертационного исследования

Диссертационное исследование выполнено на высоком уровне научно-технической компетенции. В работе доказана необходимость создания новых управленческих инструментов для производства, избавленных от ограничений, характерных для систем предыдущих поколений. Такие системы должны обеспечивать максимальную гибкость и эффективность работы производства в условиях постоянно меняющихся заказов, нестабильной производственной ситуации и дефицита информации.

Автор отмечает, что следующие положения и результаты диссертации обладают значительной научной новизной:

- Разработка новой концепции интеллектуальной системы управления промышленным предприятием, которая включает лучшие практики

организации производства и использование методов искусственного интеллекта для решения управленческих задач, а также интегрированную экспертную систему для поддержки принятия решений.

- Новая постановка и метод решения многокритериальной задачи календарного планирования производства, учитывающие ограничения по оборудованию, доступности материалов и персонала в условиях неопределенной информации, а также использование расширенного нечёткого множества для создания общего критерия оптимальности производственного плана.

- Новая постановка и метод решения задачи синхронизации производственных процессов, учитывающие ритмичность выполнения работ и ограничения на незавершенное производство, которые обеспечивают более универсальное применение на предприятиях благодаря отсутствию требований к изменениям производственной логистики.

- Новая постановка и алгоритм решения задачи оптимального управления производством на оперативном уровне, используя базу знаний и нечёткие предпочтения при распределении ресурсов, что требует минимальной полноты и качества нормативно-справочной информации о технологии производства изделий для получения оптимального решения.

- Новая постановка и алгоритм задачи поддержки принятия коллективных решений в рамках единой информационной системы предприятия, принимающие во внимание специфику предметной области и дополнительные ограничения на параметры эффективности производства.

- Разработка специализированных эвристических методов и алгоритмов решения интеллектуальных задач управления, обеспечивающих более быструю выработку близких к оптимальным решений по сравнению с известными численными методами оптимизации.

Надежность и обоснованность научных выводов и результатов данной диссертации обеспечивается благодаря тщательному использованию современных принципов и методологий в области теории управления организационными системами, а также системного анализа и методов математической оптимизации. Корректность применения этих подходов подтверждается их проверенной эффективностью в сложных управленческих условиях и возможностью адаптации к специфическим требованиям

исследуемой области. Эти методы позволяют точно моделировать и прогнозировать поведение систем, обеспечивая высокую степень уверенности в полученных результатах и их применимости в реальных управленческих ситуациях.

Все задачи, изложенные в диссертационной работе, отличаются четкостью и строгостью, выбранные методы моделирования тщательно обоснованы, а результаты, полученные на модельных примерах, совпадают с практическими решениями. Итоги исследования были успешно представлены на научных конференциях как в России, так и за рубежом, а также на различных научных семинарах. Все результаты, вынесенные на защиту, были опубликованы в соответствующих изданиях.

Практическая ценность диссертационной работы

Практическая значимость полученных результатов заключается в разработке алгоритмов и программного обеспечения для календарного планирования производства, создании имитационной модели синхронизированного производства, а также алгоритмов и программного обеспечения для оптимального управления производственными процессами на оперативном уровне с использованием базы знаний и нечётких предпочтений для распределения ресурсов. Также был создан программный модуль для синхронизации производства на платформе 1С ERP. При этом проведена практическая реализация и тестирование автоматизированной интеллектуальной системы управления на реальных производственных объектах в условиях мелкосерийного производства.

Эксплуатация интеллектуальной системы управления на промышленных предприятиях повысила эффективность операций, способствовала стабилизации деятельности и укреплению рыночных позиций компаний. Результаты подтверждены соответствующими актами, в которых приведены данные по повышению следующих показателей эффективности производства:

1. Сокращение сроков заказов на 9%.
2. Снижение просроченных заказов на 49%.
3. Снижение незавершенного производства на 37%.
4. Сокращение цикла планирования на 50%.
5. Снижение неликвидных запасов на 27%.
6. Сокращение дефектов на 15%.

Вывод о практическом использовании научных положений и разработок, представленный в Приложениях, подтверждает применимость предложенных в диссертации методов и подходов в реальной практике.

Апробация работы и публикации по теме исследования

Ключевые научные результаты диссертационного исследования подробно изложены в рецензируемых научных журналах из Перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёной степени доктора наук (всего 12 статей), а также в двух монографиях. Практическая сторона исследования широко представлена в изданиях, индексируемых международными базами данных Web of Science и Scopus, в которых опубликовано 4 статьи. В общей сложности по теме исследования выпущена 41 публикация. Содержание автореферата диссертации в полной мере отражает выполненное автором научное исследование.

Замечания

1. В первой главе, где анализируются различные методологии и системы управления, автору стоило бы уделить больше внимания конкретным примерам методологических конфликтов, возникающих при интеграции инструментов.

2. В разделе, посвящённом разработке унифицированной модели бизнес-процессов, автор мог бы рассмотреть возможность приведения нескольких конкретных примеров, иллюстрирующих возможность применения унифицированной модели на реальных предприятиях, что добавило бы наглядности и практическую значимость представленных результатов.

3. В работе акцентируется внимание на преимуществах внедрения системы, но не рассматриваются возможные риски или ограничения, с которыми может столкнуться компания при ее реализации. Рассмотрение потенциальных проблем, таких как сложность интеграции с существующими системами или обучение персонала, обеспечило бы более сбалансированное представление об итогах исследования.

4. В третьей главе вводится множество новых математических моделей и понятий для управления производственными процессами без детальных пояснений и доводов, позволяющих сделать выводы о необходимости и достаточности рассматриваемых ограничений задачи.

Тем не менее, данные замечания не умаляют общей позитивной оценки исследования Вожакова А.В., которое существенно обогащает теорию и практику разработки интеллектуальных систем управления для промышленных предприятий, с перспективой их активного использования в ближайшие годы.

Общий вывод

Диссертация Артема Викторовича Вожакова является завершённым научным трудом, в котором предложено решение важной задачи – поддержки принятия решений и повышения эффективности управления мелкосерийным производством. Это достигается через разработку концепции и практическую реализацию интеллектуальной системы управления, используя опыт создания автоматизированных систем управления, моделирование бизнес-процессов и передовые практики построения и оптимизации производственных процессов.

Диссертационная работа Вожакова А.В. соответствует критериям положения о порядке присуждения учёных степеней, а Вожаков А.В. заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

доктор технических наук,
доцент, заведующая кафедрой
анализа данных и
искусственного интеллекта
ФГБОУ ВО «Кубанский
государственный
университет»

Коваленко Анна Владимировна

350040 г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149.

Телефон: +7 (918) 980-00-03

E-mail: savanna-05@mail.ru

«30» сентября 2024г.



Коваленко А.В.