

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

профессора кафедры "Информационные системы и защита информации"
института автоматики и информационных технологий

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»

доктора технических наук, профессора

Громова Юрия Юрьевича

на диссертацию Благовещенского Владислава Германовича на тему
«Методологические основы автоматизации контроля органолептических
показателей качества кондитерской продукции и создание на их базе
интеллектуальных систем управления», представленную на соискание
ученой степени доктора технических наук по специальности 2.3.3 –
«Автоматизация и управление технологическими процессами и
производствами»

На отзыв представлены диссертация, автореферат диссертации и копии основных работ соискателя, опубликованных по теме диссертации.

Диссертация состоит из введения, 7 глав, заключения, списка использованных источников и приложений. Текст диссертации изложен на 533 страницах машинописного текста, включая 193 рисунка и 33 таблицы. Список литературы включает 296 наименований отечественных и зарубежных источников.

Автореферат диссертации изложен на 50 страницах, включая список основных публикаций по теме из 93 наименований.

В результате ознакомления с представленными материалами установлено следующее.

1. АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ И СОДЕРЖАНИЯ ДИССЕРТАЦИИ

Решение проблемы обеспечения населения Российской Федерации качественными, безопасными, разнообразными отечественными продуктами питания тесно связано с широкой автоматизацией технологических процессов, внедрением новых информационных технологий, появлением необходимых средств контроля для реализации автоматизированных систем управления, способствующих улучшению качества, повышению безопасности и увеличению ассортимента выпускаемых пищевых продуктов.

Кондитерские изделия представляют собой большую группу разнообразных высококалорийных продуктов питания, которые регулярно потребляются практически всеми группами населения различных возрастов. В последние несколько лет рынок кондитерской продукции стабильно

развивается. В отрасли проводится целенаправленная работа по оптимизации производства как традиционно производимых конфет, так и совершенно новых сортов, идёт активное внедрение современных интеллектуальных технологий, способствующих повышению качества производимой продукции.

Трудность решения проблемы повышения качества кондитерской продукции обусловлена нестабильностью свойств поступающего на переработку сырья, многообразием перерабатываемых полуфабрикатов по физико-химическим и структурно-механическим свойствам. Все это вызывает частые колебания режимов работы оборудования, а также технологических параметров процессов приготовления неоднородных кондитерских масс и не позволяет получать стабильный по качеству готовый продукт.

Существующая в настоящее время оценка органолептических показателей качества сырья, полуфабрикатов и готовых кондитерских изделий осуществляется технологами - экспертами с применением сенсорных методов, используя дегустационный анализ. Органолептическая оценка качества носит субъективный характер и дает большой разброс. Отсутствие информации об органолептических показателях качества кондитерской продукции в реальном времени исключают возможность оперативно вносить изменения в ход технологического процесса для достижения заданного качества.

Соискателем проведен достаточно подробный аналитический обзор научных публикаций и нормативно-технической литературы по теме исследований. Сложившаяся ситуация с контролем качества кондитерских продуктов автором проанализирована с точки зрения применения высокоэффективных интеллектуальных технологий для создания интеллектуальных автоматизированных систем контроля и управления качеством кондитерских изделий различной структуры в режиме реального времени.

В целом, обоснование актуальности темы, цели и постановка задач исследований проведены достаточно корректно. В представленном виде они не вызывают принципиальных возражений, а защита диссертации на данную тему представляется своевременной.

Важность и актуальность темы несомненна. До настоящего времени существующие подходы к решению задач автоматизации контроля в потоке органолептических показателей качества кондитерских продуктов носили, как правило, локальный по областям применений и разрозненный по методам характер.

Современные достижения в области создания систем, основанных на знаниях, поставили новую научную проблему в области разработки интеллектуальных автоматизированных информационно-управляющих систем мониторинга качества производимой кондитерской продукции на всех этапах ее создания – а именно, создание принципиально новых интеллектуальных систем, позволяющих объединять накопление знаний и опыта принятия решений в проведении мероприятий по управлению ситуацией хода процессов производства кондитерской продукции в режиме реального времени.

Такая тема представляется важной научной и прикладной проблемой автоматизации и управления технологическими процессами производства кондитерской продукцией.

В этой связи, тема диссертации «Методологические основы автоматизации контроля органолептических показателей качества кондитерской продукции и создание на их базе интеллектуальных систем управления», является актуальным направлением автоматизации кондитерской промышленности, имеющей важное народнохозяйственное значение, а также актуальной научно-технической задачей для специальности 2.3.3 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами».

Предложенный автором подход позволяет:

- автоматизировать на базе интеллектуальных технологий ручные процессы контроля качества, проводимые экспертами – дегустаторами и технологами;
- вести мониторинг хода технологических процессов производства пищевой продукции в режиме реального времени;
- обеспечить интеллектуальную автоматизированную систему динамически развивающимися базами данных и базами знаний;
- прогнозировать и регулировать качество получаемого продукта и уменьшить уровень брака.

Целью диссертационной работы Владислава Германовича Благовещенского является разработка методологических основ цифровой трансформации производственных процессов кондитерской промышленности на основе автоматизации контроля в режиме реального времени органолептических показателей качества кондитерской продукции различной структуры и создания на их базе интеллектуальных систем управления нового поколения.

В работе рассмотрены технологические процессы производства разных по структуре и видов кондитерских изделий.

2. ДОСТОВЕРНОСТЬ, ОБОСНОВАННОСТЬ И НОВИЗНА НАУЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ, ВЫВОДОВ И РЕКОМЕНДАЦИЙ, СФОРМУЛИРОВАННЫХ В ДИССЕРТАЦИИ

Достоверность представленных в работе результатов исследований обеспечивается:

- исследованием отечественного и зарубежного опыта;
- изучением научно-технических документов и ГОСТов в области качества и безопасности кондитерской продукции;
- использованием методов системного анализа и теории принятия решений, а также теоретических и методологических положений, сформулированных в работах отечественных и зарубежных ученых и специалистов;
- экспериментальными исследованиями технологических процессов производства кондитерской продукции, проведенными в производственных условиях ОАО «Рот-Фронт» Холдинга «Объединенные кондитеры», а также на других кондитерских фабриках Холдинга ООО «Объединенные кондитеры» и обеспечивается совпадением расчетных данных и результатов эксперимента;
- подтверждением положительных результатов внедрения.

Обоснованность научных положений, рекомендаций и выводов, изложенных в работе, определяется корректным использованием современных математических методов, согласованным сравнительным анализом аналитических и экспериментальных зависимостей; применением современных методов научных исследований и компьютерных статистических программ; а также результатами расчетов автора.

Поставленные в работе задачи решены с использованием методологических и математических основ построения интеллектуальных систем принятия решений, методики построения реляционных баз данных, основных положений теории автоматического управления, теории нейронных сетей, теории цифровой обработки изображений, общих принципов математического моделирования, элементов теории искусственного интеллекта, методов системного анализа и математической статистики. Численная и графическая обработка результатов исследований производилась с применением MatLab и Anylogic.

Научная новизна и значимость работы.

В ходе исследований автором получены новые научные результаты, среди которых можно выделить следующие:

1. Функционально - структурные схемы (ФСС) влияния показателей исходного сырья и промежуточных операций на формирование качества

кондитерской продукции разной структуры на всех стадиях производства с указанием необходимых точек контроля и регулирования,

2. Структурно – параметрические, математические, ситуационные и имитационные модели по оценке влияния различных параметров технологических процессов производства кондитерских изделий разной структуры на качество готовой продукции на всех стадиях ее производства.
3. Методология создания нового поколения интеллектуальных средств автоматизации контроля в режиме реального времени основных органолептических показателей качества сырья, полуфабрикатов и готовой кондитерской продукции. По результатам выполненных работ получено 10 свидетельств о регистрации программ для ЭВМ, 2 свидетельства о регистрации базы данных и 1 патент на изобретение,
4. Методологические основы автоматизации создания моделей цифровых двойников производства кондитерских изделий.
5. Методологические основы автоматизации создания персонализированной кондитерской продукции нового поколения с использованием технологий виртуальной, дополненной реальности и кастомизации.
6. Модифицированные функциональные схемы автоматизации (ФСА) с включением в эти схемы разработанных интеллектуальных средств автоматического контроля органолептических показателей качества сырья, полуфабрикатов и готовых изделий.
7. Концепция создания, архитектура, специализированное информационное, математическое и программное обеспечение типовой интеллектуальной автоматизированной системы контроля и управления качеством кондитерской продукции

Практическая ценность результатов работы

Научные результаты, полученные в диссертации, доведены до практического использования. Разработана интеллектуальная автоматизированная система контроля и управления качеством кондитерской продукции. Разработанные методы, алгоритмы и программное обеспечение прошли апробацию и внедрены в ряде кондитерских предприятий России, а также используются в НИИ вычислительных комплексов имени М.А. Карцева и в учебных процессах «МИРЭА – РТУ» и «РОСБИОТЕХ». Применение полученных результатов исследования позволяет кондитерским предприятиям интеллектуализировать работу линий по производству кондитерских изделий, снизить издержки и затраты, связанные с технологическим циклом производства этой продукции при гарантированном

качестве готового продукта, существенно снизить риск ошибок, обусловленных «человеческим фактором».

3. ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ДИССЕРТАЦИИ И АВТОРЕФЕРАТА

В первой главе диссертации «Анализ технологических процессов производства кондитерской продукции. Задачи исследования» выполнен анализ подготовленности технологических процессов (ТП) производства кондитерской продукции различной структуры (твердой, желеобразной, аморфной) и различных типов (плиточного шоколада; глазированных помадных и пралиновых конфет; сбивных конфет суфле; халвы; мармелада; карамели; зефира; козинак; драже; ириса) к внедрению интеллектуальных автоматизированных систем.

Разработаны функционально-структурные схемы производства разнообразной кондитерской продукции на всех этапах ее производства с указанием необходимых точек контроля и регулирования.

Выбраны и обоснованы наиболее информативные органолептические показатели качества сырья, полуфабрикатов и готовой кондитерской продукции, которые необходимо определять непрерывно в режиме реального времени на каждой стадии производства. Разработаны профилограммы всех исследуемых кондитерских изделий.

В результате проведенных исследований определены цель, задачи и методика проведения исследований. Разработана системная диаграмма решения проблемы, создана концептуальная структурно-динамическая модель системы управления качеством различной кондитерской продукции в процессе производства.

Во второй главе диссертации «Системный анализ методов, алгоритмов и технологий для их использования при разработке интеллектуальной АСУ качеством кондитерской продукции» выполнен анализ и систематизация интеллектуальных информационных систем. Представлен аналитический обзор основных задач, решаемых различными интеллектуальными технологиями. Выбраны наиболее эффективные интеллектуальные технологии для их использования при создании интеллектуальной системы управления качеством.

В третьей главе «Автоматизация контроля в потоке органолептических показателей качества кондитерской продукции с использованием интеллектуальных методов и технологий» ставится и решается задача разработки методов и средств автоматического контроля

основных органолептических показателей качества сырья, полуфабрикатов и готовой кондитерской продукции.

Показано, что существующие в настоящее время методы оценки органолептических показателей качества субъективны и определяются, в основном, с использованием методов дегустационного анализа.

Разработаны методы, способы, алгоритмы, математическое и программное обеспечение средств автоматического контроля в режиме реального времени органолептических показателей качества кондитерских изделий и на этой базе разработано новое поколение интеллектуальных средств автоматизации контроля этих показателей в режиме реального времени. Это: коэффициент извлечения примесей в сырье; внешний вид сырья и готовых изделий; угол естественного откоса сыпучих масс; блеск поверхности готовых кондитерских изделий; форма, размер и количество изделий на транспортере; консистенция; вкус; запах; цвет и вязкость. Приведены основные схемы и техническое обеспечение этих интеллектуальных средств автоматизации контроля.

В четвертой главе «Экспериментальные исследования и разработка структурно-параметрических, математических, ситуационных и имитационных моделей процессов производства кондитерской продукции» на базе различных кондитерских предприятий Холдинга «Объединенные кондитеры» проведены экспериментальные исследования основных этапов ТП производства кондитерских изделий различной структуры, позволившие разработать методологию построения структурно – параметрических моделей основных стадий производства кондитерской продукции, на базе которой получены параметрические и математические модели основных этапов ТП производства шоколада, глазированных помадных и пралиновых конфет, сбивных конфет (суфле, птичье молоко и др.), халвы, мармелада, карамели, зефира, козинак, драже и ириса.

Разработаны ситуационные модели всех исследуемых технологических процессов производства различной кондитерской продукции, позволившие изучить влияние входных контролируемых и регулируемых параметров, возмущающих воздействий на выходные показатели качества, проследить в процессе производства причинно - следственные влияния параметров друг на друга, дающие возможность прогнозировать ход исследуемых ТП и определять необходимые при этом режимы работы используемого оборудования.

Проведен анализ ТП производства кондитерской продукции методом мультиагентного имитационного моделирования с помощью среды ПО AnyLogic для идентификации исследуемых линий производства.

Показано, что разработанные в данной главе структурно-параметрические, математические, ситуационные и имитационные модели являются основой создания интеллектуальной автоматизированной системы контроля и управления качеством кондитерской продукции

В пятой главе «Методика создания моделей цифровых двойников производства кондитерской продукции на основе их структурно-параметрических, математических, ситуационных и имитационных моделей» представлены задачи, которые способны решать цифровые двойники (ЦД). Показаны возможности их использования в кондитерской промышленности.

Предложены научные основы автоматизации создания цифровых двойников производства кондитерских изделий. В качестве примера использования разработанных подходов и комплекса разработанных инструментальных средств приведен созданный цифровой двойник производства шоколада на базе разработанной и обученной нейронной сети YOLO.

В шестой главе «Использование технологий виртуальной, дополненной реальностей и кастомизации для автоматизации разработки новой линейки персонализированной кондитерской продукции нового поколения» рассмотрено и проанализировано современное использование технологии кастомизации в отраслях кондитерской промышленности. Показано, что применение интеллектуальных технологий кастомизации отражает общий тренд перехода к персонализированному потреблению кондитерской продукции нового поколения.

Приведены основные этапы кастомизации формы, вкуса и цвета создаваемых оригинальных кондитерских изделий. Представлен порядок формирования процесса разработки цифровых трехмерных моделей конфет, помогающий определить ключевые элементы дизайна нового изделия, такие как форма, размер, текстура и цвет конечного продукта. Разработана платформа для кастомизации кондитерских изделий и описаны ее действия по генерированию подбора формы, начинки, декоративных украшений, цвета, текстуры и упаковки новых кондитерских изделий. Представлены примеры созданных персонализированных конфет на основе разработанных цифровых трехмерных моделей.

В седьмой главе «Технические решения для реализации интеллектуальной автоматизированной системы контроля и управления качеством кондитерской продукции» показаны основные задачи разрабатываемой системы. Представлена методика разработки интеллектуальной автоматизированной системы контроля и управления качеством кондитерской продукции в процессе производства. Исследованы и

проанализированы основные этапы разработки баз данных этой системы, Показаны основные этапы построения базы знаний.

Представлены основные этапы реализации интеллектуальной системы управления качеством кондитерской продукции в процессе производства. Разработаны основные виды обеспечения данной интеллектуальной системы: информационное, математическое и программное.

Отдельно приведены **основные результаты и выводы** по работе в целом, соответствующие поставленным задачам исследований и положениям, выносимым на защиту, рекомендации и оценка перспектив дальнейших исследований.

Список использованных источников достаточно полно отражает современное развитие темы исследования.

Общая оценка выполненной работы.

Диссертация Благовещенского Владислава Германовича на соискание ученой степени доктора технических наук является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение важной прикладной проблемы, написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты.

В ней приведены сведения о практическом использовании полученных автором диссертации научных результатов. Предложенные решения аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями других исследователей.

Все поставленные в диссертационной работе задачи решены полностью на высоком научном уровне.

В названии темы присутствуют основные пункты паспорта специальности 2.3.3.

Материал автореферата соответствует содержанию самой диссертации. Диссертация оформлена вполне грамотно, по всему тексту имеются требуемые ссылки на литературные источники и публикации автора. Выводы обоснованы.

Содержание каждого раздела полностью опубликовано в изданиях перечня ВАК Минобрнауки России. Содержание статей полностью соответствует паспорту специальности 2.3.3. Список литературы полно отражает современный уровень исследований по теме диссертации.

Оформление диссертации и автореферата соответствует ГОСТ на оформление автореферата и диссертации. Оформление библиографии соответствует ГОСТ на оформление библиографического списка.

4. ЗНАЧИМОСТЬ ПОЛУЧЕННЫХ АВТОРОМ ДИССЕРТАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛЕЙ КОНДИТЕРСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ, КОНКРЕТНЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРАКТИЧЕСКОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ РЕЗУЛЬТАТОВ И ВЫВОДОВ

Значимость полученных автором диссертации результатов для повышения эффективности производства кондитерской продукции определяется новым подходом к автоматизации контроля в режиме реального времени органолептических показателей качества сырья, полуфабрикатов и готовой кондитерской продукции с использованием интеллектуальных технологий (искусственных нейронных сетей, системы компьютерного зрения, мультиагентных имитационных моделей, цифровых двойников, виртуальной и дополненной реальности) с возможностью управления этими процессами за счет разработки и внедрения интеллектуальной автоматизированной системы.

Полученные результаты обладают научной новизной и практической ценностью отраслевого уровня.

Результаты диссертационного исследования имеют прикладной характер и рекомендуются к расширенному применению на кондитерских предприятиях.

5. СООТВЕТСТВИЕ НАУЧНОЙ СПЕЦИАЛЬНОСТИ

Тема и сама выполненная диссертационная работа по своему уровню и содержанию полностью соответствуют требованиям ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по специальности 2.3.3 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами, а именно пунктам: «2. Автоматизация контроля и испытаний», «3. Методология, научные основы, средства и технологии построения автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) и производствами (АСУП), а также технической подготовкой производства (АСТПП) и т. д.», «4. Теоретические основы и методы моделирования, формализованного описания, оптимального проектирования и управления технологическими процессами и производствами», «5. Научные основы, алгоритмическое обеспечение и методы анализа и синтеза систем автоматизированного управления технологическими объектами», «6. Научные основы и методы построения интеллектуальных систем управления технологическими процессами и производствами», «8. Научные основы, модели и методы идентификации производственных процессов, комплексов и интегрированных систем управления и их цифровых двойников», «10. Формализованные методы

анализа, синтеза, исследования и оптимизация модульных структур систем сбора, хранения, обработки и передачи данных в АСУТП, АСУП, АСТПП и др.», «11. Методы создания, эффективной организации и ведения специализированного информационного и программного обеспечения АСУТП, АСУП, АСТПП и др., включая базы данных и методы их оптимизации», «12. Методы создания специального математического и программного обеспечения, пакетов прикладных программ и типовых модулей функциональных и обеспечивающих подсистем АСУТП, АСУП, АСТПП и др., включая управление исполнительными механизмами в реальном времени».

6. ЗАМЕЧАНИЯ ПО ДИССЕРТАЦИИ И АВТОРЕФЕРАТУ

При общей положительной оценке работы считаю необходимым отметить следующие замечания:

1. В диссертации лишь говорится о применении методов прогнозирования оценки качества пищевой продукции. При этом не дается рекомендаций по использованию конкретных алгоритмов и программного обеспечения, которые учитывали бы специфику различных отраслей кондитерской промышленности.
2. В диссертации разработаны математические модели оценки влияния различных параметров на показатели качества на всех этапах производства кондитерской продукции. Однако не рассматриваются вопросы оценки точности в зависимости от размерности пространства исследуемых факторов.
3. В диссертации научная новизна не отображает, к какой области исследований (из паспорта специальности) относится каждый пункт.
4. В главе 4 нет четкой ясности, какую новизну вносит автор в разработку структурно – параметрического анализа, кроме того, не обоснованно использование линейных регрессионных математических моделей.
5. В главе 4 нет пояснений, какие ограничения учитываются при разработки регрессионных моделей.
6. Использование предложенной в работе методологии требует усложнения вычислительных систем управления. Среди кондитерских предприятий есть и небольшие. Поэтому желательно было бы дать оценку того, какие вычислительные ресурсы необходимы для внедрения предлагаемой интеллектуальной автоматизированной системы.
7. Раздел «Основные выводы и результаты работы» содержит 11 пунктов. Мне кажется, не все перечисленные там результаты заслуживают называться основными.

8. В самой работе и заключении не приведен экономический эффект от решения задач, поставленных для достижения цели исследований.

Указанные замечания не носят принципиального характера, а также не снижают общую положительную оценку диссертации. Их следует рассматривать как предложение по дальнейшему развитию научных исследований.

Личный вклад соискателя заключается в постановке задач исследований, проведение подробного аналитического обзора научных публикаций и нормативно-технической литературы по теме диссертационной работы, разработке математического, алгоритмического и программного обеспечения интеллектуальной автоматизированной системы контроля и управления качеством кондитерской продукции и практического применения полученных результатов.

О полноте публикаций по теме диссертации. По материалам диссертационной работы опубликовано 250 печатных работы. Из них 3 монографии, 2 учебных пособия, 1 патент на изобретение, 10 свидетельств о регистрации программы для ЭВМ, 2 свидетельства о регистрации базы данных, 25 статей в журналах, входящих в список ВАК, а также 211 статей в других профессиональных журналах и сборниках научных докладов международных конференций. Основные результаты работы полностью изложены в указанных публикациях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выводы. Диссертация Благовещенского Владислава Германовича, представившего научную работу на тему «Методологические основы автоматизации контроля органолептических показателей качества кондитерской продукции и создание на их базе интеллектуальных систем управления», соответствует п. п. 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 11 и 12 паспорта специальности 2.3.3 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами.

Тема и сама выполненная диссертационная работа по своему уровню и содержанию является завершенной научно-исследовательской работой, теоретические положения и практические рекомендации которой можно квалифицировать как значимые научные достижения для решения важных социально-экономических задач.

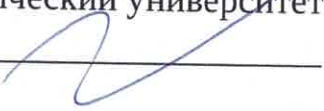
Оппонируемая работа по актуальности, объему проведенных исследований, научно-методическому уровню и полученным результатам полностью соответствуют требованиям п. 9 – 11, 13 и 14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением

Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 г. (ред. от 01.10.2018 г., с изм от 25.01.2024 г.), предъявленным к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук по специальности 2.3.3 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами.

Автор, Благовещенский Владислав Германович заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук.

Официальный оппонент, доктор технических наук
(05.13.06 - Автоматизация и управление
технологическими процессами и производствами),
профессор кафедры "Информационные системы
и защита информации" ФГБОУ ВО «Тамбовский
государственный технический университет»

профессор

 Громов Юрий Юрьевич

5.11.2025г.

Эл. почта: gromovtambov@yandex.ru

Почтовый адрес:

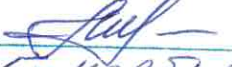
392000, Тамбовская область, г. Тамбов, ул. Советская, д. 116

ФГБОУ ВО "ТГТУ", кафедра "Информационные системы
и защита информации"

Тел.: 8 (953) 703-02-22



**ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ
УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ ТГТУ**

 Г.В. Мозгова
05.11.2025г.