

В диссертационный совет 24.2.334.01
(Д 212.148.02) на базе ФГБОУ ВО
«Российский биотехнологический
университет (РОСБИОТЕХ)»

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, профессора
Петрова Сергея Михайловича на диссертационную работу
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 (технические науки).

На отзыв представлены диссертация и автореферат диссертации.

Объем работы: 507 страниц машинописного текста, включая 295 рисунков, 39 таблиц и 5 приложений. Диссертационная работа состоит из введения, 7 глав, заключения, списка используемых сокращений и списка используемой литературы (280 источников).

Актуальность темы выполненной работы

Традиционно качество кондитерской продукции определяется (ГОСТ 5897-90) с помощью ряда разрушительных и трудоемких подходов методов определения органолептических показателей с использованием бензина, керосина, толуола, хлороформа, этилового и петролейного эфира со скромными аналитическими показателями, что подчеркивает настоятельную необходимость разработки новых инструментальных методов. «Качество пищевых продуктов 4.0» — это новая концепция, относящаяся к использованию технологий Индустрии 4.0 в анализе пищевых продуктов для достижения быстрой, надежной и объективной оценки качества пищевых продуктов.

Качество пищевых продуктов 4.0 характеризуется растущей цифровизацией и автоматизацией анализа пищевых продуктов с использованием самых

передовых технологий в пищевой промышленности. Ключевые аспекты концепции «Качество пищевых продуктов 4.0», включая, среди прочего, методы неразрушающей дактилоскопии, омиксные технологии и инструменты биоинформатики, искусственный интеллект и большие данные, обладают огромным потенциалом для революционного изменения качества пищевых продуктов.

Диссертационная работа Благовещенского Владислава Германовича решает одну из важнейших и актуальных задач в пищевой промышленности, связанных с созданием автоматизированных систем контроля и управления качеством кондитерских продуктов на основе технологий искусственного интеллекта. Использование предлагаемых автором интеллектуальных автоматизированных систем контроля и управления качеством кондитерской продукции в режиме реального времени позволит непрерывно, в потоке контролировать органолептические показатели качества сырья, полуфабрикатов и готовой кондитерской продукции в течение всего технологического процесса; обеспечит стабильность производства кондитерских изделий; даст возможность прогнозировать качество полуфабрикатов и готовой продукции; существенно уменьшит уровень брака; снизит потери рабочего времени, сырья и энергии; повысит качество готовой продукции. На основе методов системного анализа и использования интеллектуальных технологий автором была разработана типовая интеллектуальная автоматизированная система контроля и управления качеством кондитерской продукции разной структуры и различных видов.

Трудность решения проблемы повышения качества производства кондитерских изделий 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 хода процессов приготовления неоднородных кондитерских масс и не позволяет получать стабильный по качеству готовый продукт.

Существующие в настоящее время методы оценки органолептических показателей качества кондитерских изделий субъективны, определяются, в основном, с использованием органолептических методов в лабораторных условиях. Интеллектуальные системы автоматического контроля и управления качеством кондитерской продукции позволяют своевременно предупреждать появление дефектов и несоответствий хода протекающих процессов производства кондитерской продукции различной структуры.

Для исследования перспектив решения данной проблемы диссертантом были рассмотрены, исследованы и проанализированы линии производства кондитерской продукции разной структуры, таких как производство плиточного

шоколада, пралиновых и помадных глазированных конфет, халвы, сбивных конфет; мармелада; карамели; зефира; козинак; драже и ириса, производство каждого из которых является сложным многоэтапным процессом, автоматизацию которых осуществить достаточно трудно в силу специфических свойств данной продукции.

Решение задач автоматизации контроля в режиме реального времени органолептических показателей качества этой кондитерской продукции и создание типовой интеллектуальной автоматизированной системы контроля и управления качеством является крупной теоретической и практической проблемой, позволяющей значительно повысить эффективность сложных многостадийных ТП кондитерских производств.

Исходя из вышеизложенного, тема диссертационной работы «Методологические основы автоматизации контроля органолептических показателей качества кондитерской продукции и создание на их базе интеллектуальных систем управления» является актуальным направлением развития кондитерской промышленности, имеющим важное народнохозяйственное значение, а также актуальной научно-технической задачей специальности 2.3.3 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами.

Таким образом, диссертационная работа Благовещенского Владислава Германовича является актуальной и своевременной, и представляет несомненный научный интерес.

Содержание диссертационной работы

Во введении обоснована актуальность работы, определены цели и задачи исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость, сформулированы положения, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена методологическим основам анализа 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, постановке задач исследования.

В рамках этой главы проведены исследования и анализ ТП кондитерского производства как объектов автоматизации, дана характеристика основных стадий и материальных потоков. Рассмотрены особенности и закономерности этих ТП. Проведен анализ параметров, оказывающих влияние на качество сырья, полуфабрикатов и готовой кондитерской продукции. Выявлены необходимые для стабилизации ТП производства кондитерской продукции точки

контроля и регулирования на всех этапах производства. Проанализированы публикации отечественных и зарубежных авторов, посвященные исследованиям совершенствования процессов производства кондитерской продукции. Обзор работ в данной области показал, что в настоящее время оценка органолептических показателей качества кондитерской продукции осуществляется экспертами-дегустаторами путем органолептического анализа. В диссертации отмечена необходимость разработки методов и средств автоматического контроля в режиме реального времени основных органолептических показателей качества кондитерской продукции. Автором проведены экспериментальные исследования и построены дескрипторно-профильные оценки качества кондитерских изделий различной структуры и типов. Были выявлены наиболее важные органолептические показатели качества сырья, полуфабрикатов и готовой кондитерской продукции, контролируемые на каждой стадии производства этой продукции.

Вторая глава посвящена интеллектуальным информационным системам и анализу возможности их использования для автоматизации контроля качества кондитерской продукции. Осуществлен обзор цифровых промышленных технологий, применяемых при автоматизации и цифровизации систем управления пищевыми технологическими процессами.

Проведен анализ возможности использования методов искусственного интеллекта для решения задач интеллектуализации управления качеством производства кондитерских изделий. Показано, что практической базой для реализации этой проблемы, может стать создание автоматизированной системы управления качеством кондитерской продукции с применением искусственного интеллекта, включающего в свой арсенал нейросетевые технологии, генетические алгоритмы, экспертные системы, системы компьютерного зрения, мультиагентное имитационное моделирование, виртуальную и дополненную реальность и эффективное сочетание этих методов.

Третья глава посвящена автоматизации контроля в режиме реального времени органолептических показателей качества сырья, полуфабрикатов и готовой кондитерской продукции с использованием интеллектуальных технологий.

Автором проведен обзор существующего состояние методов и систем контроля и управления качеством продукции на кондитерских промышленных предприятиях. Рассмотрены имеющиеся на этих предприятиях системы АСУТП, АСУП. Проанализированы существующие в настоящее время ин-

струменты контроля органолептических показателей качества сырья, полуфабрикатов и готовых изделий, используемые в процессе производства кондитерской продукции.

Предложены способы и методы автоматического контроля в режиме реального времени следующих показателей качества сырья, полуфабрикатов и готовой кондитерской продукции:

- 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;
- вязкость.

Поданы 3 заявки на способы автоматического контроля консистенции, вязкости и угла естественного откоса.

Четвертая глава посвящена описанию комплексных экспериментальных исследований, позволивших разработать методологию построения структурно – параметрических и математических моделей основных стадий производства кондитерских изделий разной структуры и разных типов.

На основании проведенных экспериментальных исследований и результатов опроса экспертов-технологов автором были разработаны также ситуационные модели ТП производства кондитерской продукции различной структуры и разных типов.

Был проведен анализ ТП исследуемых производств методом мультиагентного имитационного моделирования с помощью среды ПО AnyLogic, что позволяет прогнозировать показатели качества готовых изделий. В диссертации представлены результаты проведенных исследований.

Разработанные в данной главе структурно- параметрические, математические, ситуационные и имитационные модели являлись основой создания интеллектуальной автоматизированной системы управления качеством кондитерской продукции разной структуры.

Пятая глава посвящена методике создания цифровых двойников производства кондитерской продукции на основе разработанных моделей.

Предложены научные основы создания цифровых двойников производства разных типов кондитерских изделий. Автором представлены общая схема

исследований по разработке цифровых двойников и диаграмма их создания. В диссертации на примере линии производства шоколада показано применение разработанного комплекса инструментальных средств для создания цифрового двойника процессов производства кондитерской продукции.

В шестой главе рассмотрено использование технологий виртуальной и дополненной реальностей и кастомизации для разработки персонализированной линейки оригинальной кондитерской продукции нового поколения. Автором проанализировано современное использование технологии кастомизации в отраслях кондитерской промышленности. Приведены основные этапы кастомизации формы, вкуса и цвета создаваемых оригинальных кондитерских изделий. Осуществлен выбор программы для создания трехмерных моделей новых конфет. Рассмотрены возможные варианты создания платформы для кастомизации формы, цвета и текстуры новых кондитерских изделий. Создан прототип рабочей облачной платформы для хранения и редактирования трехмерных моделей конфет и продвижения кондитерских изделий.

Подготовлен макет веб-сайта. Разработано информативное Веб-приложение для продвижения кондитерских изделий с учетом удобства пользователей. Представлены ключевые функции такого приложения.

В седьмой главе представлены технические решения для реализации интеллектуальной автоматизированной системы контроля и управления качеством кондитерской продукции в процессе производства.

В заключении диссертации формулируются выводы и основные результаты работы.

Представленные материалы позволяют достаточно полно оценить объем и сложность проведенного исследования. Содержание диссертационной работы полностью соответствует цели и поставленным задачам.

Автореферат, а также приведенные выводы, в должной мере отражают содержание диссертации.

Диссертация и автореферат по содержанию, структуре и объему соответствуют требованиям Положения о присуждении ученых степеней ВАК РФ.

Степень обоснованности научных положений и выводов

Диссертант корректно использует известные научные методы обоснования полученных результатов, выводов и рекомендаций.

Обоснованность научных положений и рекомендаций подтверждается согласованностью результатов теоретических расчетов с данными, полученными экспериментальным путем. Анализ представленных в работе таблиц, рисунков и схем подтверждают высокую достоверность результатов исследования и сформулированных на их основании рекомендаций и выводов.

Основные результаты работы представлены и обсуждены на ежегодных научно-практических конференциях. Часть диссертационной работы выполнялась в рамках научной темы РНФ.

Результаты работы подтверждаются апробацией в печати 160 научных работ. Из них 3 монографии, 1 патент на изобретение, 1 свидетельство о регистрации программы для ЭВМ, 13 статей в журналах, входящих в список ВАК и 7 - в Scopus, 6 – в других изданиях, а также 129 докладов в сборниках научных докладов международных конференций.

Имеются акты о внедрении результатов работы на кондитерских предприятиях Холдинга «Объединенные кондитеры», в НИИ и учебные процессы кафедр АСУБП РОСБИОТЕХ и промышленной информатики «МИРЭА – РТУ».

Основное содержание диссертационной работы отражено в 160 печатных работах. Из них 3 монографии, 1 патент на изобретение, 1 свидетельство о регистрации программы для ЭВМ, 13 статей в журналах, входящих в список ВАК и 7 - в Scopus, 6 – в других изданиях, а также 129 докладов в сборниках научных докладов международных конференций.

Содержащиеся в данной работе материалы будут полезны программистам АСУ, инженерно-техническим сотрудникам предприятий, а также магистрантам, аспирантам, и научным работникам ВУЗов и НИИ.

Научная новизна диссертационной работы представлена следующими положениями:

1. Разработана методология создания нового поколения интеллектуальных средств автоматизации контроля в режиме реального времени основных органолептических показателей качества сырья, полуфабрикатов и готовой кондитерской продукции.

2. Разработан комплекс структурно – параметрических, математических, ситуационных и имитационных моделей процессов производства кондитерской продукции, являющийся основой создания интеллектуальной автоматизированной системы контроля, прогнозирования и управления качеством этой продукции в процессе производства.

3. Разработана методика создания цифровых двойников производства кондитерской продукции.

4. Разработан алгоритм создания новой линейки персонализированной кондитерской продукции нового поколения. Приведены основные этапы кастомизации формы, вкуса и цвета создаваемых оригинальных кондитерских изде-

лий. Представлена методика процесса разработки цифровых трехмерных моделей конфет, помогающая определить ключевые элементы дизайна нового изделия, такие как форма, размер, текстура и цвет конечного продукта.

5. Представлена модификация функциональных схем автоматизации основных этапов процессов производства кондитерской продукции разной структуры с включением в эти схемы разработанных интеллектуальных средств автоматического контроля органолептических показателей качества сырья, полуфабрикатов и готовых изделий.

6. Разработано методическое обеспечение построения интеллектуальной автоматизированной системы контроля и управления качеством кондитерской продукции с функциями прогнозирования, поддержки и принятия решений.

7. Разработана концепция создания типовой интеллектуальной автоматизированной системы контроля и управления качеством кондитерской продукции.

Практическая значимость заключается в разработке:

1) нового поколения интеллектуальных средств контроля в режиме реального времени важнейших органолептических показателей качества сырья, полуфабрикатов и готовой кондитерской продукции;

2) создании и использовании моделей цифровых двойников при проектировании и эксплуатации ТП производства кондитерских изделий;

3) разработке новой линейки оригинальной персонализированной кондитерской продукции с использованием технологий виртуальной, дополненной реальности и кастомизации;

4) создании базы знаний ИАСКиУК (интеллектуальной автоматизированной системы контроля и управления качеством) кондитерской продукции;

5) разработке эффективного алгоритмического, математического и программного обеспечения ИАСКиУК кондитерской продукции с функциями прогнозирования, поддержки и принятия решений;

6) разработке технических решений и подборе технических средств для реализации ИАСКиУК кондитерской продукции в процессе производства.

Замечания и пожелания по диссертационной работе и автореферату

1. Соискатель в 7 главе описывает базу данных (БД) интеллектуальной автоматизированной системы контроля и управления, однако не указывает количество признаков в каждой записи БД, количество записей и не раскрывает подробное их содержание. Желательно было бы провести аналогию с существующими базами данных, если таковые имеются.

2. При описании сверточной нейронной сети (глава 3 рис.3.28 диссертации или стр. 17 автореферата) автором отмечается, что в качестве алгоритма обучения выбран градиентный метод обратного распространения ошибки, однако желательно пояснить, чем обоснован данный выбор.

3. Необходимо пояснить, какой алгоритм использовался для идентификации структурно-параметрической модели (рис. 4.3 стр. 220 диссертации или табл. 4.1 стр. 25 автореферата).

4. Несомненный интерес представляет предложенные автором мультиагентные модели (глава 4, раздел 4.3, рис.4.62, стр. 326 и рис.4.63 стр.331 диссертации или рис.4.1 стр. 33 и рис. 4.2 стр. 34 автореферата), однако стоит пояснить, в чем заключается мультиагентность модели? Можно ли данную модель назвать цифровым двойником производства кондитерской продукции?

5. В работе нет информации о возможности использования предлагаемых решений в других отраслях пищевой промышленности.

6. В некоторых случаях автором используется узкоспециализированная терминология, так что отдельные положения требуют дополнительных пояснений.

7. Хотя в целом работа написана технически грамотным языком, но по тексту диссертации встречаются опечатки и неточные формулировки (стр. 219: влагосодержание сахарного песка 13,5-14,5%; «...математическую модель величины вкуса сахара песка (величина кристаллов сахара)»; стр. 220: давление греющего пара 0,34-0,4 Мпа, а должно быть указано МПа; стр. 339: «Цифровой двойник (ЦД) – это математическая модель, которая может с высокой точностью описывать поведение объекта в разных ситуациях» не совсем соответствует ГОСТ Р 57700.37–2021 ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ ИЗДЕЛИЙ).

Сделанные замечания не носят принципиального характера и не снижают общей ценности выполненной работы. Во многом они имеют характер пожеланий на дальнейшее продолжение исследований.

Заключение по диссертации

На основании экспертизы диссертации, автореферата и публикаций автора считаю, что диссертационная работа Благовещенского Владислава Германовича «Методологические основы автоматизации контроля органолептических показателей качества кондитерской продукции и создание на их базе интеллектуальных систем управления» является законченным научным трудом, имеющим важное научно-практическое значение, вносящим вклад в развитие научной специальности 2.3.3 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами».

Представленная на оппонирование диссертационная работа по актуальности, объему проведенных исследований, научно-методическому уровню и полученным результатам соответствует паспорту научной специальности 2.3.3 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами», а также требованиям пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 г. (в действующей редакции), предъявленным к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.3.3 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами». Считаю, что автор представленной диссертационной работы Благовещенский Владислав Германович заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 2.3.3 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами».

Официальный оппонент:
 Профессор кафедры «Системы
 автоматизированного управления»
 ФГБОУ ВО «Московский государственный
 университет технологий и управления
 им. К.Г. Разумовского (ПКУ)»
 доктор технических наук, профессор



Петров С.М.

Адрес: 123007, Москва, пр. 3-й
 Хорошевский проезд, 1, к.3, пом. № 309
 Телефон: +7(495)640-54-36, доб. 4460, 4461.
 E-mail: s.petrov@mgutm.ru

Подпись Петрова С. М. заверяю:

«25» апреля 2024 г.



М.П.

*Главный специалист
 отдела по работе с
 персоналом Ол
 Васильева М.Г.*