



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ»

Доктор психологических наук,
профессор
Ефремова Г.И.

« 5 » сентября 2023г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский Биотехнологический Университет» (ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ») по диссертационной работе «Автоматизированная система контроля и управления технологическим процессом пищевой 3D печати шоколадом с использованием системы технического зрения», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности: 2.3.3 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки). Диссертация выполнена на кафедре «Автоматизированные системы управления биотехнологическими процессами» ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ».

В период подготовки диссертации соискатель Шибанов Эдуард Дмитриевич работал в должности ассистента кафедры «Прикладная механика и инжиниринг технических систем» ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ», а также трудился в технопарке «Superfood технологии», являющегося его структурным подразделением.

В 2017 году Шибанов Э.Д. окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский Энергетический Институт» получив квалификацию «бакалавр» по направлению 15.03.01 «Машиностроение», а в 2019 году окончил магистратуру получив квалификацию «магистр» по специальности 13.04.03 «Энергетическое машиностроение».

В 2023 году окончил аспирантуру в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский Биотехнологический Университет» с присвоением квалификации

«Исследователь. Преподаватель-исследователь» по специальности 27.06.01 «Управление в технических системах». По результатам обучения успешно сдал кандидатские экзамены. Справка о сдаче кандидатских экзаменов №36/23 выдана 13 октября 2023 года Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Российский Биотехнологический Университет».

Научный руководитель – Благовещенский Иван Германович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Информатика и вычислительная техника пищевых производств» ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ».

По итогам обсуждения диссертационной работы принято следующее заключение.

Оценка выполненной соискателем работы.

Диссертационная работа Шибанова Э.Д. является научно-квалификационной работой на актуальную тему, в которой разработана автоматизированная система контроля и управления технологическим процессом пищевой 3D печати шоколадом с использованием системы технического зрения.

Актуальность темы.

В условиях развития цифровой промышленности и массовой кастомизации производства аддитивные технологии являются важным направлением для стратегического развития страны, и в настоящее время им уделяется должное внимание. В стратегии развития аддитивных технологий в Российской Федерации на период до 2030г. пищевые аддитивные технологии относят к формирующимся рынкам будущего. Их потенциал заключается, в возможности создавать индивидуальное персонализированное питание с заданными свойствами. На текущий момент времени эта технология привлекает внимание исследователей по всему миру и уже сейчас активно разрабатываются технологии 3D печати мясных, рыбных, мучных блюд, а также блюд на основе растительного сырья и т.д.

Стоит заметить, что для массового применения пищевых аддитивных технологий необходимо обеспечить безопасность получаемого продукта. Для

этого требуется контролировать качество используемого сырья, степень приготовления блюда, а также его товарный вид. Безусловно такой контроль должен осуществляться с применением интеллектуальных технологий и технического зрения, успешно применяемых на поточных линиях автоматизированного современного производства.

Анализ предметной области, показал, что основное внимание исследователей направленно на поиск оптимальных режимов работы оборудования, разработку и адаптацию нового сырья, а также оборудования для 3D печати, но вопросам автоматизированного контроля качества пищевой 3D печати уделено мало внимания.

Исходя из этого, исследования, проводимые в данной области, являются актуальными и перспективными, а предложенные автором алгоритмы и методы автоматизированного контроля, а также разработанная система контроля и управления за технологическим процессом пищевой 3D печати шоколадом представляет особый научный интерес.

Научная новизна и теоретическая значимость диссертации заключается в следующем:

1. Разработана функционально - структурная схема (ФСС) формирования качества получаемого блюда в процессе пищевой 3D печати шоколадом с указанием факторов, влияющих на органолептические показатели качества.

2. Проведены экспериментальные исследования технологического процесса пищевой 3D печати шоколадных изделий, проведена математическая обработка результатов эксперимента рассматриваемого ТП. Проведённые исследования позволили выявить основные типы возникающих дефектов, на основе чего была предложена их классификация, а также по результатам наблюдений и анализа были отмечены причины их возникновения.

3. Разработан алгоритм оптимизации скорости выращивания трёхмерного изделия, основанный на проведении визуальной оценки состояния шоколада в процессе печати.

4. Разработана адаптивная система управления параметрами пищевой ТП 3D печати с использованием искусственных нейронных сетей (ИНС) и системы технического зрения (СТЗ).

Практическая значимость.

В рамках диссертационной работы были разработаны и предложены:

1. Метод автоматизированной визуальной оценки состояния сырья, в процессе 3D печати, что позволяет оптимизировать скорость нанесения материала.

2. Разработан интеллектуальный датчик визуального контроля органолептических показателей качества (внешний вид, форма, цвет, целостность) в режиме реального времени с применением нейросетевых технологий, позволяющий распознавать внештатное протекание ТП пищевой 3D печати, классифицировать дефекты и выявить брак.

3. Разработана автоматизированная система коррекции управляющих параметров ТП пищевой 3D печати шоколадом в режиме реального времени на основе рекуррентной нейронной сети. Применение данной системы позволит контролировать протекание технологического процесса пищевой 3D печати шоколадом без необходимости постоянного присутствия оператора.

4. Проработаны технические решения для реализации интеллектуальной автоматизированной системы управления органолептическими показателями качества в процессе пищевой 3D печати. Осуществлен подбор технических средств. Использование данных решений возможно и в других направлениях пищевой 3D печати, в том числе при работе с другими пищевыми ингредиентами.

5. Разработана база данных АСКУ ТП пищевой 3D печати шоколадом. Использование предложенной базы данных позволяет аккумулировать информацию о всех протекающих процессах, с целью проведения дальнейших исследований.

6. Разработано информационное, математическое и программное обеспечение интеллектуальной автоматизированной системы управления технологическим процессом пищевой 3D печати.

Разработанный программно-аппаратный комплекс может быть использован в научно-исследовательских работах, направленных на изучение технологического процесса пищевой 3D печати, в том числе для работы с новыми ингредиентами.

Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации. Представленные результаты работы являются итогом продолжительных исследований и разработок в области пищевых аддитивных технологий, проводимых лично автором и при его непосредственном участии в 2019 – 2023 гг.

Обоснованность научных положений, выводов, рекомендаций и достоверность результатов исследований.

Достоверность научных положений и обоснованность представленных в диссертационной работе результатов научного исследования, сформулированных на их основе выводов и рекомендаций, обеспечивается тщательной проработкой моделей исследуемого технологического процесса, применением классических положений и формализованных методов теории автоматизированного управления, математической постановкой решаемых задач, проводимыми экспериментами, а также результатами, полученными на основе методов, разработанных другими авторами.

Соответствие диссертации научной специальности.

Представленная Шибановым Э.Д. научно-квалификационная работа соответствует п. 9 – 11, 13, 14 Положения о присуждении учёных степеней, утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (ред. от 18.03.2023) предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Полученные в диссертационной работе научные результаты соответствует пунктам 2, 3, 4, 6, 11, 12 паспорта специальности 2.3.3 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические

науки). Диссертационная работа Шибанова Э. Д. имеет внутреннее единство изложения, представленные в работе результаты получены на основании исследований проведённых на высоком техническом уровне с применением современных методов и интеллектуальных технологий и являются перспективными для науки и производства.

С учётом вышеизложенного научно-квалификационная работа Шибанова Эдуарда Дмитриевича на тему «Автоматизированная система контроля и управления технологическим процессом пищевой 3D печати шоколадом с использованием системы технического зрения» отвечает основным требованиям, предъявляемым к научно-квалификационной работе (диссертации) и рекомендуется к защите на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки).

Заключение принято на заседании кафедры «Автоматизированные системы управления биотехнологическими процессами» ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ».

На заседании присутствовало 16 чел. Результаты голосования: “за” - 16 чел., “против” - —, “воздержались” - —, протокол № 27 от 29 августа 2023г.

Председатель заседания кафедрой
«АСУБП» ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ»
доктор технических наук, профессор,
Заслуженный деятель науки РФ

 М.М. Благовещенская

Зам. директора по научной работе института
«ПИИТМ» ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ»
к.т.н., доцент кафедры «АСУБП»

 Е.А. Назойкин