

УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора по научной работе  
федерального государственного  
бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Московский государственный  
университет пищевых Производств»  
Министерства образования и науки  
Российской Федерации

Бабин Ю.В., д.х.н., проф.

«29» 09 2017 г.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет пищевых производств» Министерства образования и науки Российской Федерации

Диссертация «Математическое и алгоритмическое обеспечение системы управления технологическим процессом объемного дозирования при производстве молотого обжаренного кофе» выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский государственный университет пищевых производств» Министерства образования и науки Российской Федерации.

В период подготовки диссертации соискатель Сантос Куннихан Марио Рохелио, гражданин Эквадора, являлся соискателем на кафедре «Автоматизированные системы управления биотехнологическими процессами» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный

университет пищевых производств» Министерства образования и науки Российской Федерации.

В 2011 г. соискатель окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тверской государственный технический университет» Министерства образования и науки Российской Федерации по специальности «Автоматизация управления технологическими процессами и производствами» и поступил в аспирантуру Университета. В процессе обучения Сантос Куннихан Марио Рохелио подготовил и сдал экзамены кандидатского минимума все на «отлично».

Справка об обучении с указанием результатов сдачи кандидатских экзаменов выдано в 2014 г. федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Тверской государственный технический университет» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Научный руководитель – Благовещенская Маргарита Михайловна, д.т.н., профессор, работает в Федеральном государственном бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет пищевых производств» в должности зав. кафедры «Автоматизированные системы управления биотехническими процессами».

По итогам обсуждения диссертации на расширенном заседании кафедры принято следующее решение:

**Актуальность темы исследования.**

В настоящее время потребление молотого обжаренного кофе занимают ведущее место среди отраслей пищевой промышленности, а эта продукция пользуется неизменным и значительным спросом не только у населения России, но и всего земного шара. При обеспечении продовольственного рынка Российской Федерации качественными пищевыми продуктами из государства Эквадора рассматриваются, вопросы

системы управления процессам объемного дозирования пищевых продуктов как актуальная тема.

При заданной плотности молотого кофе для автоматического упаковки возникают трудности на этапе дозирования и дальнейшего равномерного распределения частиц по объему и форме, если их содержание отличается. Также недостаточно теоретических и экспериментальных исследований по физико-механическим свойствам молотого кофе, его истечение и автоматизации контроля его показателей качества, что затрудняет обеспечить качество готовой продукции упаковки молотого кофе, экономия, повышение производительности труда, обеспечение высококачественного ведения технологического процесса.

В этой связи представляется возможным использование описанных в настоящей диссертационной работе методов контроля и разработка системы управления процессам объемного дозирования молотого кофе соответственно его физико-механических свойств.

Такие разработки повысят эффективность работы аппарата, позволят разработать новые перспективные конструкции этих аппаратов, разработать системы мониторинга процессов дозирования сыпучих материалов с использованием современных интеллектуальных технологий: искусственных нейронных сетей (ИНС) и систем компьютерного зрения (СКЗ).

Создание такой системы позволит: непрерывно, в потоке контролировать эффективность процесса дозирования молотого кофе, а также непрерывно определять основные показатели его качества в течение всего технологического процесса; что обеспечит стабильность производства кофе; существенно уменьшит уровень брака, снизит потери рабочего времени, сырья и энергии, повысит качество готовой продукции.

### **Научная новизна.**

1. Разработана математическая модель процесса истечения молотого кофе сорта «Арабика» из бункера роторного дозатора и методика определения параметров модели.

2. Предложен способ управления производительностью дозатора с учетом корректирующего воздействия по промежуточной координате - уровня продукта в бункере, обеспечивающий постоянное значение отношения общего объема бункера к объему, занимаемому застойными зонами молотого кофе.

3. Доказана возможность обеспечения стабилизации работы дозатора за счет применения на нижнем уровне управления классических линейных законов регулирования по каналам «скорость вращения ротора дозатора – уровень продукта» и «скорость вращения привода загрузки – уровень продукта».

4. Исследованы закономерности разброса размеров и формы частиц молотого кофе сорта «Арабика» с получением примеров 2D и 3D изображений частиц, доказывающие неправомерность применения допущений о правильной геометрической форме частиц при решении задач моделирования и управления дозатором.

5. Разработаны алгоритмы управления процессом дозирования, предусматривающие компенсацию стохастических возмущений по загрузке дозатора и физико-механических свойств кофе.

#### **Практическая значимость.**

1. Разработана и предложена новая функциональная структурная схема (ФСС) промежуточных операций процесса объемного дозирования МК с указанием необходимых параметров регулирования и контроля, а также структурные связи системы автоматического дозирования (САД) пищевых продуктов с включением в нее интеллектуальных датчиков контроля уровня в бункере хранения объемного дозатора.

2. Разработана структура нейронной сети, типа многослойный персептрон с одним скрытым слоем – ПИД контролером как нейросетевой оптимизатор (НСО) с интеллектуальными модулями контроля показателей качества молотого кофе и управления процессом дозирования пищевых продуктов.

3. На основе структурно - параметрического моделирования разработана математическая имитационная модель управления процессом объемного дозирования пищевых продуктов предусматривающих учет корректирующего воздействия по промежуточной координате и скоростей приводов, используя эффективности ПИ законов регулирования и нейросетевого оптимизатора ПИ контролера.

4. Разработан программно-аппаратный комплекс для управления процессом дозирования пищевых продуктов в среде разработки программного обеспечения NILabVIEW.

### **Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций.**

Диссертация основывается на концепциях и положениях, изложенных в работах отечественных и зарубежных ученых в области автоматизации процессов пищевых производств, оптимизации процессов, а так же в областиматематического моделирования процесса дозирования сыпучих материалов.

В настоящей работе был учтен и проработан опыт предыдущих исследований и были приняты во внимание все рекомендации, приводимые авторами перечисленных ранее трудов, а также применены общепринятые в автоматизации пищевых производств методы анализа технологических процессов и новые подходы к использованию ИНС для построения виртуальных датчиков контроля показателей качества пищевых продуктов.

### **Публикации.**

По теме диссертационного исследования опубликовано 16 научных работ, в том числе 3 статьи опубликованы в научных журналах, входящих в перечень ВАК Российской Федерации.

1. Сантос М.Р. Имитационная модель управления уровнем молотого кофе в бункере с помощью многодвигательных приводов /Интернет-журнал «Науковедение». 2015 Том 7, №1 [Электронный ресурс] –

Идентификационный номер статьи в журнале: 98TVN115. – Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/98TVN115.pdf> (доступ свободный).

2. Сантос М.Р. Математическая модель и автоматизация процесса объемного дозирования молотого кофе на базе Scada системы Labview/ Интернет-журнал «Науковедение». 2015 Том 7, №4 [Электронный ресурс]. – Идентификационный номер статьи в журнале: 38TVN415. Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/38TVN415.pdf> (доступ свободный).

3. Сантос М.Р., Ахремчик О.Л. Особенности промышленных контроллеров для управления дозированием сыпучих продуктов в пищевой промышленности//Промышленные АСУ и контроллеры, №2, 2015. с.51-55.

В других изданиях:

4. Сантос М.Р., Ахремчик О.Л. Изменение координатного пространства при проектировании системы управления процессом дозирования сыпучих продуктов //Вестник Тверского государственного технического университета, №1 (27), 2015. с.22-27.

5. Сантос М. Р. Определение эквивалентных размеров частиц при гранулометрическом анализе молотого кофе//Вестник Тверского государственного технического университета, №1 (23), 2013. с.24-27.

6. Сантос М. Р. Определение состава фракций молотого кофе на основе зондовой микроскопии //Вестник Тверского государственного технического университета, №2 (24), 2013. с.17-20.

7. Сантос М.Р. Задача измерения влажности кофе. Сборник трудов магистрантов и аспирантов. Вып. 3. Тверь, РИЦ ТвГТУ. 2013. С. 50-53.

8. Сантос М.Р. Фреймовый подход к описанию дозаторов сыпучих материалов. Сборник трудов магистрантов и аспирантов. Вып. 2. Тверь, РИЦ ТвГТУ. 2012. С. 134-137.

9. Сантос М.Р., Ахремчик О. Л. Анализ подходов к моделированию процессов истечения мелкодисперсных пищевых сыпучих продуктов из бункеров объемных дозаторов. Материалы 9-ой межд. научно-техн.

конференции «Автоматизация и энергосбережение машиностроительного и металлургического производств, технология и надежность машин, приборов и оборудования», 18-19 марта 2014 г., г. Вологда, ВолГУ, С.25-28.

10. Сантос М. Р., Ахремчик О. Л. Методика определения параметров модели при управлении уровнем молотого кофе в дозаторе. 27 межд. научн. конф. «Математические методы в технике и технологиях - ММТТ- 27», 3 – 5 июня 2014 г. Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Т.2 С. 96-98

11. Сантос М. Р., Ахремчик О.Л. Инновационные возможности систем управления дозаторами пищевых сыпучих продуктов// Сб. статей межд. научно-практ. конф. «Innovation 2014», Ташкент 23-24 октября 2014 г., Ташкент, 2014. С.117-119.

12. Сантос М. Р., Ахремчик О.Л. Оценка распределения плотности сыпучего продукта при производстве пакетированного кофе//Сб. трудов 26 междунар. научн. конф. «Математические методы в технике и технологиях-ММТТ 26», Н. Новгород, НГТУ им. Н.Е. Алексеева, 2013. - Т.7., с.61-63.

13. Сантос М. Р., Ахремчик О.Л. Расширение параметров состояния бункеров объемных дозаторов мелкодисперсных продуктов // Сб. трудов научно-практ. конф. «Актуальные проблемы автоматизации и управления», 5-7 июня 2013 г. Челябинск, ЮУрГУ, 2013, с. 9-11.

14. Сантос М.Р., Ахремчик О. Л. Специализированные контроллеры для управления исполнительными устройствами в химических производствах. Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные инженерные проблемы химических и нефтехимических производств и пути их решения», 18 мая 2012 г. Нижнекамск, Нижнекамский химико-технологический институт, 2012. С. 218-219.

15. Сантос М.Р. Нейронная сеть системы автоматизации процесса управления объемным дозированием молотого кофе // Academicscience -

problems and achievements XI: Proceedings of the Conference. North Charleston, 6-7.02.2017, Vol. 2—North Charleston, SC, USA: CreateSpace, 2017, с.102-106.

16. Сантос М.Р., Благовещенская М.М. Использование нейронной сети для автоматизации процесса управления объемным дозированием молотого кофе // Научная конференция с международным участием «Развитие пищевой и перерабатывающей промышленности России: кадры и наука», 11–12 апреля 2017 г., МГУПП, с.102-106.

#### **Соответствие диссертации научной специальности.**

Представленная диссертация Сантоса Куннихана М.Р., соответствует требованиям п.п. 9-11 Положения ВАК РФ о порядке присуждения ученых степеней кандидата технических наук, т.к. в ней решены важные задачи по контролю показателей качества молотого кофе и применению алгоритмов работы модуля контроля и регулирования величины уровня молотого кофе коррекции в скорости питателя подачи пищевого продукта и стаканчикового дозатора при процессе дозирования.

Основными результатами исследования являются предлагаемый автором подход, методы и алгоритмы к контролю показателей качества пищевого продукта (молотый кофе), в частности экспериментальные исследования разработанной математической имитационной модели с использованием нейросетевого оптимизатора, которая применялась для создания программно-аппаратного комплекса управления процессом дозирования кофе позволяющая усовершенствовать управление технологическим процессом производства молотого кофе в соответствии с заданными параметрами.

Диссертация соответствует паспорту специальности 05.13.06— «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в пищевой промышленности)», а именно пунктам:

2. Автоматизация контроля и испытаний;



12.Методы контроля, обеспечения достоверности, защиты и резервирования информационного и программного обеспечения АСУТП, АСУП и другие;

15.Теоретические основы, методы и алгоритмы интеллектуализации решения прикладных задач при построении АСУ широкого назначения.

Диссертация «Математическое и алгоритмическое обеспечение системы управления технологическим процессом объемного дозирования при производстве молотого кофе» Сантоса Куннихана Марио Рохелио рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в пищевой промышленности)».

Заключение принято на расширенном заседании кафедры АСУБП Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет пищевых производств» Министерства образования и науки Российской Федерации. Присутствовало на заседании 12 чел. Результаты голосования: «за» - 12, «против» - 0, «воздержалось» - 0, протокол № 14/3 от «15» 03 2017.



---

Председатель расширенного  
заседания кафедры АСУБП

Назовский Е.А., к.т.н., доц.

Кафедры АСУБП. 125080, г. Москва,

Волоколамское ш., 11

Тел.: +7(499)811-00-03 доб. 65-67

Эл.почта: nazojjkinea@mgupp.ru