

Отзыв

официального оппонента Матвеева Юрия Николаевича на диссертационную работу Сантоса Куннихана Марио Рохелио на тему «Математическое и алгоритмическое обеспечение системы управления технологическим процессом объемного дозирования при производстве молотого обжаренного кофе», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность)

Актуальность темы исследования

Диссертационная работа Сантоса Куннихана Марио Рохелио посвящена исследованию вопросов создания систем автоматизации процессов непрерывного дозирования сыпучих материалов в пищевой промышленности, применительно к промышленному производству пакетированного обжаренного молотого кофе. Системы управления дозированием сыпучих материалов используются для подачи исходного сырья-кофе в технологические аппараты, для дозирования количества молотого кофе при его фасовке, при подготовке к выполнению операций аналитического контроля и для выполнения других операций. Автор диссертационной работы считает, что применение автоматических объемных роторных дозаторов и создание на их основе систем автоматического регулирования технологическими процессами производства молотого обжаренного кофе с использованием интеллектуальных технологий обладает существенно большими возможностями для повышения уровня эффективности управления в сравнении с другими известными конструкционно-технологическими приемами. Предложенный диссертантом подход позволит: непрерывно, в потоке, контролировать эффективность процесса дозирования молотого кофе, непрерывно определять основные показатели качества кофе на всех стадиях технологического процесса. Это позволит существенно уменьшить уровень брака, снизить потери рабочего времени, сырья и энергии, повысить качество готовой продукции.

На основании вышеизложенного считаю, что тема диссертационной работы Сантоса Куннихана Марио Рохелио, направленная на исследование вопросов разработки математического и алгоритмического обеспечения системы управления технологическим процессом объемного дозирования при производстве молотого обжаренного кофе является актуальной в научном и практическом плане.

Общая оценка работы

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи исследования, приведено краткое содержание работы, представлены выносимые на защиту основные положения, отражены научная новизна полученных результатов и их практическая значимость.

В первой главе представлены характеристики кофе, операции по его обработке, характеристика основных стадий и сопутствующие проблемы при производстве молотого кофе (МК) (с. 16, п. 1.1). Описаны принципы действия дозаторов порционного и непрерывного типов действия, используемых на сегодняшний день в пищевой промышленности. Особое внимание уделено объемным дозаторам. Выявлены недостатки их функционирования. Выбран объемный

стаканчиковый дозатор как объект автоматизации с учетом особенностей процесса объемного дозирования (с. 40, п. 1.8). Для упаковки продукта предложен вертикальный фасовочно-упаковочный автомат в базовом исполнении. Проведена классификация основных типовых операций при процессе дозирования в производстве МК и определены факторы, определяющие эффективность этих операций (с. 19–23, п. 1.2). Проведен подробный анализ параметров, оказывающих влияние на качество сырья (зерен и размолотого кофе) по литературным источникам. На основании полученных результатов разработана функционально-структурная схема (ФСС) влияния факторов перерабатываемого сырья, промежуточных операций на качество объемного дозирования МК (рисунок 1.5). Выбраны и обоснованы наиболее важные органолептические показатели качества и физико-механические свойства МК, контролируемые и регулируемые параметры в ходе технологического процесса, такие как: промежуточная координата (уровень МК в бункере дозатора), скорость привода питателя, скорость привода дозатора, коэффициент истечения, плотность, коэффициент сыпучести, скорость истечения МК, погрешность дозатора, заданная масса (объем) МК. Показано, что существующие в настоящее время методы оценки этих показателей качества субъективны и требуется проведение комплекса аналитических и экспериментальных исследований. Проанализированы методы и средства автоматического контроля этих показателей, осуществлен анализ современных промышленных контроллеров для управления процессами дозирования (с. 45, п. 1.10) и структуры системы автоматического дозирования (САД) молотого кофе как четырёхуровневой системы (рисунок 1.14). Показано что, современное программное обеспечение верхнего уровня для работы с оборудованием рассматриваемого класса не позволяет представлять процесс движения среды в бункере, за исключением отображения на мониторе мнемосхемы с имитацией заполнения бункера САД. Поставлена задача создания математической модели процесса дозирования молотого кофе, позволяющей компенсировать влияние внешних возмущающих воздействий, таких как скорость подачи и скорость дозирования.

Во второй главе описано поведение молотого кофе в бункере при его истечении. Подробно описаны лабораторные методы определения параметров молотого кофе. Анализ существующих моделей процесса дозирования и результаты экспериментов по исследованию формы и размера частиц молотого кофе (с. 55, п. 2.1), позволили определить правильный подход к построению адекватной модели процесса управления дозированием. Проведено экспериментальное исследование основных физико-механических свойств МК, оказывающих наибольшее влияние на качество дозирования МК. Доказано, что мелкофракционные частицы МК являются связным материалом (с. 64, п. 2.1.3). Описаны подходы к моделированию работы стаканчикового дозатора (СД). Определены оптимальные размеры конструкции бункера для молотого кофе, предотвращающие сводообразование. Результаты моделирования процесса истечения молотого кофе из бункера дозатора показывают, что истечение молотого кофе отличается от жидкостей наличием коэффициента внутреннего трения, силы сцепления, а также существованием напряжения на стенке цилиндриконического бункера объемного дозатора, что усложняет математическую модель процесса истечения молотого кофе в дозирующее устройство (с. 68, п. 2.2). Моделирование истечения дискретных частиц МК методом дискретных элементов (МДЭ), позволило визуализировать моделируемые процессы 3D-виртуальной реальностью (с. 80, п. 2.5), что позволило моделировать истечение МК с различными

гранулометрическим составом и формой частиц и определить параметры конструкции бункера. На основании проведенных исследований предложена параметрическая модель объемного дозирования МК (с. 91, п. 2.7) и предложена методика определения параметров модели (с. 90, п. 2.6.1). В результате проведенных во второй главе исследований обоснованы основные параметры технологических процессов дозирования молотого кофе (ДМК).

В третьей главе доказано, что сложность настройки приводов в процессе ДМК приводят к функциональным ограничениям процесса объемного дозирования. В качестве критерия управления процессом ДМК предложена производительность технологической линии с наложенными на нее ограничениями на колебания объемной массы молотого кофе в упаковке (с. 99, п. 3.1). Произведена математическая постановка задачи контроля величины уровня молотого кофе в бункере (с. 107, п. 3.3). Разработана модель для построения нейросетевого оптимизатора ПИ-контролера управления промежуточной координатой в бункере и скоростей приводов (п. 3.4, рисунок 3.4). С помощью имитационного моделирования в среде «Matlab-simulink», исследована эффективность применения различных законов управления дозами молотого кофе. Проанализированы модели процесса дозирования молотого кофе, основанные на разных подходах. Модели позволяют учесть случайные возмущения, возникающие в работе механизмов и в массе самого кофе (с. 115, п.3.5). Результаты имитационных экспериментов показали, что применение ПИ-регуляторов позволяет обеспечить более лучшую стабилизацию уровня молотого кофе, чем при использовании позиционного закона управления в условиях изменения свойств молотого кофе.

В четвёртой главе разработана модель процесса объемного дозирования молотого кофе. Приведены результаты анализа режимов работы стаканчикового дозатора в реальном времени, с использованием ПИ-регулятора, но с возможностью последующей коррекции на основе нейросетевого оптимизатора. Анализ результатов моделирования показал, что при больших отклонениях уровня молотого кофе в бункере непредсказуемо изменяется точность доз МК с выходом за пределы, указанные в технической документации стаканчикового дозатора. Таким образом, случайные изменения масс порционных доз МК (100 г) (п. 4.1, рисунок 4.3) содержат и регулярную составляющую, обусловленную, например, изменениями физико-механических свойств дозируемого вида молотого кофе или сыпучего материала в бункере объемного дозатора и изменениями скоростей приводов устройств подачи и дозирования. Это значительно влияет на производительность (п. 4.1, рисунок 4.5). Разработан нейросетевой оптимизатор для ПИ-контролера, позволяющий уменьшить перерегулирование и время переходных процессов, так как при изменении задающих воздействий для управления промежуточной координатой и скоростью приводов устройств использование только одного набора коэффициентов ПИ-контролера не обеспечивает оптимального качества переходных процессов. Предлагаемые усовершенствования, внесенные в схему реализации ПИ-нейросетевого оптимизатора, позволяют обеспечить стабилизацию параметров производительности и промежуточной координаты (п.4.2, рисунки 4.10, 4.11) при воздействии возмущающих факторов и изменении задания путем автоподстройки коэффициентов оптимизатора. Результаты проведенных экспериментов позволяют сделать вывод о том, что нейросетевой оптимизатор позволяет сократить расход электроэнергии и вполне может стать прототипом универсального промышленного автоматического

регулятора. Разработан макет программно-аппаратного комплекса управления процессом ДМК (п. 4.4, рисунок 4.16) в среде «LabVIEW».

В заключении приведены выводы по диссертационной работе.

Новизна научных исследований и полученных результатов

Предложены и обоснованы новые оригинальные положения, имеющие значимое научное и прикладное значение для развития автоматизированных систем управления технологическими процессами объемного дозирования сыпучих материалов и пищевых продуктов, обеспечивающих повышение эффективности функционирования технологической линии по производству молотого обжаренного кофе, а именно:

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 путем 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 неправомочность 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.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность и обоснованность исследования базируется на корректном использовании методологических и математических основ построения модели процесса объемного дозирования при производстве МК, основных положений теории автоматического управления, теории нейронных сетей, методов системного анализа. 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 области математического моделирования процессов дозирования сыпучих материалов. В рецензируемой работе применены общепринятые в автоматизации пищевых производств методы анализа технологических процессов и новые подходы, направленные на использование искусственных нейронных сетей (ИНС) для построения виртуальных датчиков контроля показателей качества пищевых продуктов.

Теоретическая и практическая значимость выводов и результатов

Основными значимыми результатами диссертации являются предлагаемые автором подходы, методы и алгоритмы контроля показателей качества пищевого продукта (молотый кофе), в частности, имитационные эксперименты по исследованию разработанной математической модели с использованием нейросетевого оптимизатора, которая была применена при создании программно-аппаратного комплекса управления процессом дозирования кофе.

Результаты диссертационной работы внедрены в производство ООО «НПП Источник» (Россия, г. Санкт Петербург), а также внедряются в компании «Martin LLOVERAS S.A» (Испания). Разработанный в диссертации программно-аппаратный комплекс для автоматизированной системы управления процессом дозирования пищевых продуктов внедряется в фирме «КОНУС» (Россия, г. Москва).

Автореферат достаточно полно отражает содержание и основные результаты диссертационной работы, **хотя желательно бы было значительно сократить его объем.**

Резюмируя вышеизложенное, считаю, что результаты, полученные автором диссертационной работы, являются новыми, оригинальными и значимыми для науки и практики.

Однако по диссертационной работе имеется ряд замечаний:

1. В работе не представлен хотя бы приблизительный расчет надежности и экономической эффективности внедрения предлагаемой системы контроля.

2. На разработанные автором программные продукты следовало бы получить Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. Это значительно повысило бы практическую ценность работы.

3. В тексте диссертации используются термины, неприменяемые в теории управления: входные и выходные параметры, факторы и т.д.

4. В работе встречаются досадные опечатки. В литературном обзоре встречаются рисунки без детальных комментариев.

5. Приведенные в главе 2 п.2.8 задачи о вероятности разрушении частиц молотого кофе в дальнейшем в работе не используются. Не понятно, зачем они включены в текст диссертации.

6. В главе 4 приведены результаты моделирования с использованием ПИ-контролера и нейросетевого оптимизатора ПИ-контролера, где автор утверждает, что данная система сокращает время переходных процессов и перерегулирование, но не приводит конкретных данных по этим показателям. Также непонятно, каким образом можно экономить электроэнергию.

7. Заявление автора в автореферате (стр.5–6) диссертации о соответствии исследований п. 9. «Методы эффективной организации и ведения специализированного информационного и программного обеспечения АСУТП, АСУП и др., включая базы и банки данных и методы их оптимизации» и п.12. «Методы контроля, обеспечения достоверности, защиты и резервирования информационного и программного обеспечения АСУТП, АСУП и другие» паспорта специальности 05.13.06 имеет декларативный характер и требует обоснования.

Однако отмеченные замечания не влияют на **общую положительную оценку работы в целом.**

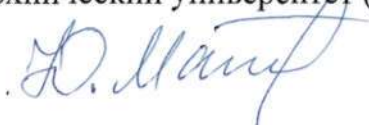
Заключение

Диссертация Сантоса Куннихана Марио Рохелио представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, выполненную автором самостоятельно, а ее результаты имеют как научную, так и практическую ценность при решении задач разработки математического и алгоритмического обеспечения системы управления технологическим процессом объемного дозирования при производстве молотого обжаренного кофе. Тема и содержание диссертации соответствует п. 2 «Автоматизация контроля и испытаний» и п. 15 «Теоретические основы, методы и алгоритмы интеллектуализации решения прикладных задач при построении АСУ широкого назначения» паспорта специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность). По научной и практической значимости полученных результатов диссертация соискателя является научно-квалификационной работой, изложенной на достаточно высоком научном уровне, соответствует п. 9 Положения ВАК РФ о присуждении ученых степеней, а ее автор Сантос Куннихан Марио Рохелио достоин присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность).

Официальный оппонент:

профессор кафедры «Электронные вычислительные машины» ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет (ТвГТУ)»,

д.т.н., профессор



Юрий Николаевич Матвеев

Адрес: 170023, Тверь, проспект Ленина, 25

Кафедра электронных вычислительных машин ТвГТУ

тел.: +79038055021

e-mail: matveev4700@mail.ru

Научная специальность 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в промышленности).

Подпись официального оппонента Юрия Николаевича Матвеева заверяю:

Ученый секретарь Ученого совета Тверского государственного технического университета,
д.т.н., профессор

Александр Николаевич Болотов

