

## ОТЗЫВ

официального оппонента

д.т.н. проф. Вента Д. П. на диссертацию

НийонсабаТеренс

на тему: «Методы и алгоритмы управления технологическими процессами с неизвестными зависимостями параметров», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 - Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в промышленности)

### **1. Актуальность избранной темы диссертации**

Задачу управления технологическими процессами, механизм протекания, многих из которых до сих пор полностью не изучен, даже после их длительного исследования, считать полностью решенной в настоящее время не представляется возможной. В частности, при разработке алгоритмов работы систем управления (СУ) технологическими процессами (ТП) в условиях исходной неопределенности значений их параметров, вызванной, как правило, влиянием внешних и внутренних мешающих факторов, важнейшей и наиболее сложной задачей является прогнозирование динамики изменения показателей качества производимого продукта.

Кроме того, в известных автору работах системы управления создавались для управления вполне конкретными технологическими процессами с заранее известными параметрами, в т.ч. входного сигнала и помехи. Перенастроить такие системы на управление ТП с другими параметрами представляется сложной задачей.

Поэтому предпринятая в диссертации НийонсабаТеренс попытка разработать новые, более эффективные методы и алгоритмы управления ТП и обосновать возможность применения для компенсации неопределенности

определения динамики изменения параметров ТП, а также свойств производимого продукта калмановской фильтрации выглядит обоснованной. а цель и задачи, поставленные в работе актуальными и практически важными.

## **2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Теоретические и практические положения, основные выводы диссертационной работы обоснованы, что подтверждается корректным применением положений и выводов теории калмановской фильтрации, теории оптимизации; согласовании новых результатов с известными теоретическими положениями и статистическими данными. Принятые в работе авторские решения основаны на анализе ТП действующего производства, современных методов математического моделирования и автоматического управления.

Основные результаты работы апробированы, т.к. докладывались автором и обсуждались на всероссийских научных конференциях в период с 2015 по 2018 гг.

## **3. Достоверность и новизна полученных результатов**

Достоверность полученных результатов исследований подтверждается корректным применением вышеперечисленных научных методов при проведении расчетов по реальной статистической информации о протекании биохимических процессов (в частности процесса главного брожения пива сорта "Primus" на предприятии «Brarudi» Республики Бурунди). Приведенные в диссертации результаты расчетов логичны и достаточно точно коррелируются с данными динамики протекания процессов брожения пива на других производствах РФ.

Диссертационная работа обладает новизной, т.к. посвящена разработке новых подходов к управлению ТП с неизвестными зависимостями параметров, включая:

- математическую модель и алгоритм оптимального управления ТП, использующие для устранения неоднозначности определения реального

состояния фильтр Калмана;

- критерии, математическую модель и алгоритм определения оптимального времени окончания ТП;

- методику формирования модели СУ ТП.

#### **4. Теоретическая и практическая значимость полученных автором результатов**

Практическая значимость. Полученные в работе результаты представляют собой методические основы для построения СУ ТП. Разработанная модель СУ ТП в случае ее реализации позволяет повысить эффективность ТП с неизвестными зависимостями параметров за счет улучшения управления им. Методика формирования СУ ТП может служить основой для разработки инструкции обслуживающему персоналу по настройке СУ ТП с конкретными параметрами. Полученные результаты экспериментальных исследований позволяют более достоверно определять диапазон изменения начальных условий протекания ТП.

Теоретическая значимость результатов диссертационной работы заключается в том, что автором на основе проведенного анализа динамики протекания ТП разработаны модель, критерии и алгоритм управления ТП с неизвестными зависимостями параметров, а также методика формирования модели СУ ТП.

Практическая значимость результатов диссертационных исследований состоит в том, что полученные автором результаты представляют собой методические основы для построения СУ ТП. Методика формирования СУ ТП может служить основой для разработки инструкции обслуживающему персоналу по настройке СУ ТП с конкретными параметрами. Результаты экспериментальных исследований автора позволяют более достоверно определять диапазон изменения начальных условий протекания ТП.

#### **5. Оценка содержания диссертации, её завершенности**

Диссертационное исследование состоит из введения, четырех глав,

заклучения, библиографического списка, включающего 132 источника. Рукопись содержит 181 страницу основного текста, в том числе 18 таблиц, 77 рисунков и 8 приложений.

Во введении обосновывается актуальность исследований, проводимых в рамках данной диссертационной работы, сформулированы цель работы, научные задачи исследования, научная новизна, отмечаются теоретическая значимость, представлены основные положения, выносимые на защиту, а также сведения о практическом использовании научных результатов.

В первой главе «Технологический процесс с неизвестными зависимостями параметров, как объект управления» систематизируются и обобщаются известные методы и алгоритмы управления ТП и обосновываются возможные направления повышения эффективности управления, осуществляется формулирование цели и постановка задач исследования, сформирована гипотеза исследования, что для управления ТП с неизвестными зависимостями параметров наиболее подходящими являются системы управления с прогнозирующими моделями. Глава заканчивается выводами, в которых автор формулирует задачи, подлежащие решению в ходе исследования для достижения поставленной цели диссертации.

**Во второй главе разработана совокупность** математических моделей и алгоритмов управления ТП, который включает:

- критерии управления ТП;
- математическую модель управления ТП;
- математическую модель и алгоритм определения времени окончания ТП;
- алгоритм управления ТП.

Глава заканчивается выводом, что математическое моделирование, обладает существенным недостатком: решение всегда носит частный характер, соответствуя фиксированным значениям параметров системы и начальных условий. Поэтому для всестороннего анализа процесса

управления ТП необходимо их многократное моделирование с варьированием исходных данных.

**В третьей главе** «Разработка методики формирования модели системы управления технологическим процессом» обоснованы подходы, выявлены условия, определяющие структуру СУ ТП и разработана методика формирования модели системы управления технологическим процессом. В ходе анализа условий, определяющих структуру модели СУ ТП и ее работу, были выявлены и проанализированы следующие основные группы факторов: входные процессы; шумы в системе измерения; настройки регулятора и режимы его работы.

В основу предложенной методики формирования модели СУ ТП положено то обстоятельство, что структура и состав отдельных блоков модели достаточно однозначно могут быть определены на основе знания входного процесса и мешающего воздействия, т.е. структура модели СУ ТП представляет собой совокупность моделей ТП и ИС, а настройка управляющего устройства, структура моделей объекта управления и исполнительного устройства определяются дополнительно, в соответствии с решаемыми задачами.

**В четвертой главе** «Программная реализация и экспериментальная оценка модели системы управления ТП» осуществлены разработка архитектуры программного обеспечения, программная реализация динамической модели СУ ТП, моделирование управления на примере ТП ГБП, сравнительная оценка математической модели СУ ТП, оценка адекватности и работоспособности математической модели. Анализ результатов моделирования позволил автору сделать вывод, что применение фильтра Калмана и построения на этой основе системы управления обеспечивает ее более высокую эффективность по сравнению с известными. Проведенная автором сравнительная оценка математических моделей, построенных на основе фильтра Калмана, метода наименьших квадратов и метода сплайна,

проведенная по критериям «адекватность» и «точность», показала, что хотя все исследованные математические модели удовлетворяют требованиям точности и адекватности, однако модель, построенная на основе фильтра Калмана показала лучшие результаты и по критерию адекватности и по критерию точности и доказала целесообразность его применения для управления многомерными технологическими процессами.

Содержание глав диссертации подтверждает научно-обоснованный подход автора к решению поставленных задач в ходе диссертационного исследования. Работа обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения. Содержание данной работы приведено в логически последовательной форме. Диссертационная работа является завершённой и выполнена на достаточном научном уровне с применением современных информационно-вычислительных технологий.

#### **6. Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации, влияние отмеченных недостатков на качество исследования**

Следует особо подчеркнуть положительные стороны диссертации:

1. Наличие графических зависимостей, наглядно иллюстрирующих эффективность предложенных решений и их работоспособность в случае реализации на предприятиях промышленности.

2. Последовательность и конкретность изложения материалов диссертации, единство и взаимосвязь всех ее составных частей.

3. Достаточный объем вычислительных экспериментов, проведенных на основе специально разработанной для этого методики.

4. Наличие свидетельства о практическом применении результатов проведенных исследований в виде трех актов внедрения.

Необходимо также отметить и следующие замечания по работе:

1. В предложенной в работе методике формирования модели СУ ТП учтены не все возможные варианты входных воздействий, виды помех, а только наиболее распространенные, что не позволяет считать Методику универсальной.

2. Отсутствует оценка вычислительной сложности предложенных алгоритмов.

3. При определении зависимостей изменения параметров технологического процесса от времени автор использует статистические данные, полученные только для одного производимого продукта (пива сорта «Primus»), что несколько снижает доверие к полученным оценкам.

4. В диссертационной работе и в автореферате отсутствует список условных обозначений, что несколько затрудняет её восприятие.

Замечания не снижают в целом ценности диссертационной работы на соискание ученой степени кандидата технических наук и не влияют на позитивную оценку диссертации.

#### **7. Соответствие автореферата основному содержанию диссертации**

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации и полностью отражает ее основные положения.

#### **8. Соответствие диссертации и автореферата требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011**

Структура диссертации и ее оформление, а также структура автореферата и его оформление в основном соответствуют требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления».

#### **9. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней» по пп. 10,11 и 14**

Диссертация Нийонсаба Геренсна на соискание ученой степени кандидата технических наук соответствует критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней»:

- по пункту 10 - работа написана автором самостоятельно, обладает

- внутренним единством, содержит новые научные положения, выдвигаемые для публичной защиты, свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку. Предложенные автором решения аргументированы и оценены по сравнению с другими известными решениями;

- по пункту 11 - основные научные результаты диссертации опубликованы автором в виде двух статей в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ

- по пункту 14 - в диссертации соискатель надлежащим образом ссылается на авторов и источники заимствования материалов и отдельных результатов. В диссертации соискатель использует результаты научных работ, выполненных им лично и в соавторстве, и отмечает это обстоятельство.

## **10. Общее заключение**

Диссертация Нийонсаба Теренс на соискание ученой степени кандидата технических наук является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной научной задачи, связанной с разработкой перспективного метода обработки информации в системе испытания оборудования на надежность. Решение данной задачи имеет существенное значение для развития области исследований специальности 05.13.06 - Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в промышленности) по следующим пунктам паспорта специальностей научных работников: «3. Методология, научные основы и формализованные методы построения автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) и производствами (АСУП), а также технической подготовкой производства (АСТПП) и т. д.», «13. Теоретические основы и прикладные методы анализа и повышения эффективности, надежности и живучести АСУ на этапах их разработки, внедрения и эксплуатации.», «15. Теоретические основы, методы и алгоритмы интеллектуализации решения прикладных задач при построении АСУ широкого назначения (АСУТП, АСУП, АСТПП и др.)».

