

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Сторожева Сергея Александровича «Адаптивная групповая логико-динамическая система автоматического управления газотурбинного двигателя на базе нечеткого подхода», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами

Актуальность темы.

Авиационный ГТД как объект управления имеет ряд особенностей, которые определяют требования к управляющей части САУ. В большинстве случаев ГТД являются объектами управления, число управляющих воздействий которых меньше числа управляемых координат. В САУ такими многосвязными объектами формирование управления часто осуществляется с помощью алгоритмов логического селективного выбора каналов управления. К таким системам относятся, например, САУ подачей топлива в камеры сгорания ГТД. Обычно применяется принцип селективного выбора, согласно которому регулируется параметр двигателя, наиболее приблизившийся к величине, определяемой программой регулирования. Селективный выбор реализуется с помощью алгебраических селекторов. Такие системы, использующие логику упорядоченного выбора и имеющие динамическую часть в виде регуляторов и объекта управления, называются логико-динамическими САУ.

В настоящее время большое внимание уделяется вопросам применения методов искусственного интеллекта при разработке алгоритмов управления сложными объектами управления. Очевидно, что исследования, проведенные Сторожевым С. А. по разработке селективного регулятора контура управления расходом топлива ГТД на основе нечеткой логики позволяют получить новые теоретические и практические результаты, актуальные для развития теории и практики систем автоматического управления ГТД. Следовательно, разрабатываемые в диссертационной работе вопросы синтеза адаптивных логико-динамических САУ ГТД на базе нечеткого подхода являются актуальными.

Анализ содержания диссертации

Диссертация Сторожева С. А. состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы и 9 приложений. Содержит 116 страниц машинописного текста, 123 рисунка и 18 таблиц, список использованной литературы из 111 наименований, приложения на 227 страницах.

Во введении обоснована актуальность темы, поставлены цель работы и задачи исследования, излагается научная новизна работы и сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе проводится анализ способов построения селективных групповых регуляторов САУ ГТД. Рассматриваются особенности ГТД как переопределенного объекта управления, для которого применяются различные варианты селективных регуляторов в логико-динамических САУ ГТД. Особое внимание уделяется основным проблемам селективного выбора контуров.

Во второй главе разработан селективный групповой регулятор логико-динамической САУ ГТД на базе нечеткой логики. Селективный нечеткий групповой регулятор строится путем замены многозначной логики на нечеткую логику в устройстве селектирования контуров управления. Приведены результаты моделирования.

В третьей главе разработан селективный адаптивный нечеткий регулятор, который адаптируется к изменяющимся условиям эксплуатации ГТД, а именно к состояниям приемистости и сброса. Приведены результаты моделирования.

В четвертой главе приведены результаты применения селективного группового регулятора на базе нечеткой логики в перспективной САУ ГТД повышенной тяги на ОАО «ОДК-СТАР».

В заключении сформулированы основные результаты проведенных теоретических и экспериментальных исследований.

Основные результаты работы изложены в 14 публикациях, из них 4 статьи, индексированы в международной базе цитирования Scopus, 4 статьи, индексированы в журналах из списка ВАК, 5 – в материалах других изданий, получено одно свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Содержание диссертации изложено корректно, связно, последовательно и грамотно с использованием общепринятых математических и технических обозначений и названий. Все основные положения, выносимые на защиту, опубликованы в открытой печати, в том числе в журналах, рекомендованных ВАК.

Автореферат достаточно полно отражает суть диссертационной работы и дает представление об объеме и характере проведенных исследований.

Научная новизна диссертационной работы:

1. Разработаны элементы выбора минимального и максимального значений на базе нечеткой логики, отличающиеся тем, что они учитывают сразу несколько входных значений при формировании выхода, это позволяет осуществлять постепенное переключение контуров управления, тем самым устраняя забросы параметров ГТД.

2. Предложен метод создания селективных регуляторов, состоящих из элементов выбора минимального и максимального значений на базе нечеткой логики, который позволяет разрабатывать селективные нечеткие регуляторы для различных требований, предъявляемых к логико-динамическим САУ.

3. Разработан селективный нечеткий регулятор контуров логико-динамической САУ подачей топлива в камеру сгорания ГТД, который, в отличие от селектора, позволяет учитывать управляющее воздействие сразу нескольких контуров управления, что позволяет повысить качество управления.

4. Разработан селективный адаптивный нечеткий регулятор контуров логико-динамической САУ подачей топлива в камеру сгорания ГТД, который, в отличие от селектора и неадаптивного регулятора, позволяет учитывать изменяющиеся условия эксплуатации, обеспечить повышение качества управления и, следовательно, повысить ресурс ГТД.

Практическая и теоретическая значимость результатов работы.

Теоретическая значимость полученных результатов заключается в разработке нового метода и алгоритмов построения селективных адаптивных регуляторов логико-динамических САУ, основанных на нечеткой логике. Созданные модели и алгоритмы функционирования нечетких селективных регуляторов позволяют исследовать характеристики САУ ГТД и повысить качество управления.

Практическая значимость полученных результатов заключается в реализации разработанных в диссертации нечетких селективных адаптивных регуляторов расхода топлива САУ ГТД, применение которых позволяет улучшить качество управления двигателем, что подтверждено проведением реальных испытаний. Результаты диссертационной работы внедрены в ходе реализации договоров с ОАО «ОДК-СТАР» в 2019 – 2021 гг.

Разработанные в диссертации теоретические положения и практические результаты используются в учебном процессе в рамках программ магистратуры ПНИПУ по направлению подготовки 27.04.04 «Управление в технических системах» в дисциплине «Алгоритмы нечеткого, нейронного и нейро-нечеткого управления в системах реального времени», что позволяет повысить качество освоения профессиональных компетенций в области проектирования систем автоматического управления различными современными объектами.

Достоверность научных результатов и обоснованность выводов.

Методы и материалы исследования базируются на методах теории автоматического управления, нечеткой логики, на аналитическом и имитационном моделировании, на планировании и обработке результатов экспериментов, на использовании пакета инженерного математического комплекса MATLAB и подтверждаются результатами внедрения.

Полученные в диссертационной работе результаты не противоречат теоретическим положениям, известным из публикаций других авторов, и подтверждаются результатами расчетов, компьютерного моделирования и экспериментальными данными, полученными в ходе внедрения селективных регуляторов САУ подачей топлива в камеру сгорания ГТД.

Личное участие автора подтверждается списком опубликованных работ, из которых две работы написаны диссертантом без соавторов.

Соответствие диссертационной работы указанной специальности.

Диссертационная работа Сторожева Сергея Александровича по содержанию и полноте изложенного материала соответствует паспорту специальности 2.3.3 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами:

пункту № 5 – «Научные основы, алгоритмическое обеспечение и методы анализа и синтеза систем автоматизированного управления технологическими объектами»;

пункту № 12 – «Методы создания специального математического и программного обеспечения, пакетов прикладных программ и типовых модулей функциональных и обеспечивающих подсистем АСУТП, АСУЦ, АСПП и др., включая управление исполнительными механизмами в реальном времени».

Замечания.

1. Непонятно, что означают термины – групповая система, групповой регулятор? В диссертации они не раскрыты. В литературе по САУ ГТД они не используются.

2 Подтверждение предложенных решений в работе производится путем большого объема моделирования и экспериментальных исследований на работающем ГТД - это достоинство диссертации, но в работе можно было бы провести аналитический анализ динамических характеристик САУ с нечетким селективным регулятором и показать их положительные особенности хотя бы на простых примерах.

3. Более подробно надо было бы провести синтез адаптивного нечеткого селектора и рассмотреть влияние изменения функций принадлежности на качество САУ.

4. Применение нечеткой логики приводит к существенному усложнению логического переключающего устройства по сравнению с алгебраическим селектором, поэтому в работе желательно было бы рассмотреть вопросы надежности САУ.

5 При построении нечеткого регулятора используются сигналы одновременно двух каналов (рис. 2.11) – получение сигнала по методу среднего взвешенного на выходе дефаззификатора. Как известно [2, 8 в списке литературы], в системе с одним управляющим устройством это может приводить к возникновению зоны совместной работы и в результате к потере точности и ухудшению устойчивости. Поэтому требуется проведение дополнительных исследований.

6. В работе применяются необоснованные обозначения, например, dG_t и G_t , где G_t – это расход топлива в камеру сгорания, а dG_t – управляющий сигнал на исполнительное устройство, обычно это сигнал в виде тока i ; в

целевой функции непонятно почему используются точки над обозначениями времени регулирования и перерегулирования; неизвестно число суммирований в целевой функции и т. д.

7. Объем приложения с результатами экспериментов можно было бы сократить, так как не приведено подробное описание всего этого материала.

8. Селектор является статическим звеном САУ, поэтому основные вопросы селективного выбора каналов в логико-динамической системе возникают, если регуляторы в контуре расхода топлива управляют параметрами двигателя с разными динамическими характеристиками относительно расхода топлива, например, частотой вращения ротора и температурой газа. Очевидно, рассмотрение нечетких регуляторов таких САУ ГТД может быть предметом дальнейших исследований диссертанта.

Заключение.

Вместе с тем, указанные замечания не снижают общей высокой оценки диссертации.

Считаю, что диссертационная работа Сторожева С. А. «Адаптивная групповая логико-динамическая система автоматического управления газотурбинного двигателя на базе нечеткого подхода» является самостоятельной научно-квалификационной работой на актуальную тему, обладающей научной новизной, теоретической и практической значимостью, научные результаты, выводы и рекомендации которой обоснованы и достоверны.

На основе вышеизложенного можно сделать вывод о том, что диссертационная работа соответствует требованиям п.п. 9 – 14 «Положения о присуждении ученых степеней» постановления Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в редакциях от 21.04.2016 № 335 и 12.10.18 № 1168), а ее автор Сторожев Сергей Александрович достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами.

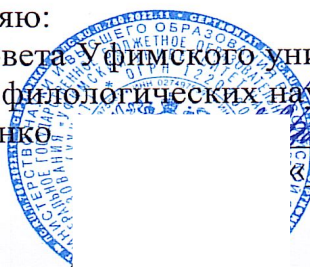
Официальный оппонент,
профессор УУНиТ,
докт. техн. наук, доцент

— Валерий Иванович Петунин

« 1 » 06 2023 г.

Подпись Петунина В.И. заверяю:

Ученый секретарь Ученого совета Уфимского университета
науки и технологий кандидат филологических наук, доцент
Наталья Вячеславовна Ефименко



(подпись)
« 1 » 06 2023 г.

ФИО оппонента: Петунин Валерий Иванович

Ученая степень: доктор технических наук.

Ученое звание: доцент.

Полное название организации, являющейся основным местом работы оппонента:

ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» (УУНиТ).

Должность: профессор кафедры электронной инженерии.

Почтовый индекс, адрес организации: 450076, Приволжский федеральный округ, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Заки Валиди, 32.

Телефон: 8 (919) 617-99-51.

Адрес электронной почты: petunin_vi@mail.ru.

Наименование научной специальности, по которой была защищена докторская диссертация: 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации».