

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Титова Юрия Константиновича
«Адаптивные нечеткие устройства систем управления
с гарантированной устойчивостью»

на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной
техники и систем управления

Постоянно растущая сложность и разнообразие задач, решение которых возлагается на системы автоматического управления, в последнее время определяют повышенную потребность в элементах и устройствах с более универсальными свойствами. Подходящим для решения большинства задач являются устройства, функционирующие на принципах нечеткой логики.

По сравнению с традиционными методами анализа и вероятностным подходом, применение методов нечеткой логики в устройствах систем управления позволяет получать результаты с заданной высокой точностью, обеспечивать значительное повышение быстродействия процессов управления при использовании адаптивных нечетких регуляторов и фильтров, а также создавать системы управления для объектов, где нецелесообразно (или невозможно) применять методы традиционной математики. Мощь нечеткой методологии разрешения проблем гарантирует ее успешное использование в нечетких регуляторах контуров управления воздушно-реактивными двигателями.

Несмотря на большое количество теоретических и прикладных работ, многообразие применяемых способов и методик исследования в области управления авиационными двигателями многие вопросы не являются полностью решенными. Поэтому решение вопросов, связанных с повышением эффективности управления авиационными двигателями в условиях непредсказуемых внешних и внутренних возмущений являются востребованными. Следовательно, диссертационная работа Титова Ю.К. безусловно **актуальна и перспективна** с точки зрения предлагаемых в работе подходов и методов решения поставленных задач.

Диссертация изложена на 204 страницах машинописного текста и включает в себя введение, четыре главы, заключение, 86 рисунков, 6 таблиц, список использованных источников из 114 наименований и приложения.

Основные положения и выводы в полном объеме отражены в структуре автореферата. Решение поставленных задач раскрывается в строго определенной последовательности согласно критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследования.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертационной работе Титова Ю.К., определяется критическим анализом и корректным использованием большого количества публикаций по теме исследования. Результаты диссертационной работы опубликованы в 31 научной работе, из которых 5 – в рецензируемых журналах из Перечня ВАК, 2 – в изданиях, индексируемых в международной базе цитирования Scopus, 14 публикаций в других изданиях, в том числе материалы конференций. Автором зарегистрировано 10 патентов на изобретение.

Обоснованность выводов и рекомендаций, содержащихся в диссертационной работе, также подтверждается корректным анализом значительного фактического теоретического и практического материала.

В рамках системного подхода в диссертации в должной степени **использованы** общенаучные методы, системный, ситуационный и процессный анализы, а также методы теории управления, авиационных двигателей, имитационного моделирования, нечетких логических регуляторов, теории интеллектуальных систем управления, многомерного автоматического регулирования, методы исследований эффективности на физической модели объекта. **Достоверность выводов** Титова Ю.К. обоснована наличием широкого спектра публикаций в отечественных и зарубежных научных журналах, и международных конференциях.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

1. Разработаны модели адаптивных нечетких регуляторов, возможные варианты построения на базе специализированной сети *Anfis*, на базе адаптивного фаззификатора и блока активационных функций, где проведен анализ существующих методов адаптации нечеткого регулятора, а также выполнено математическое описание дозирующего устройства с целью исследования влияния параметров (износ регулятора сопло-заслонка, изменение текучести топлива с ростом его температуры и коррекции термножества нечеткого регулятора).

2. Автором предложен метод построения адаптивных фильтров с учетом текущей инерционности воздушно-реактивного двигателя (ВРД) с

привлечением теории чувствительности и эталонных моделей. Показан на примере алгоритм расчета статической характеристики адаптивного фильтра в контуре управления температурой газа в камере сгорания ВРД. Данный метод расчета пригоден и для других контуров управления ВРД.

3. Предложен метод расчета гарантированного запаса устойчивости контуров управления ввиду неоднозначности амплитудно-частотной и фазо-частотной характеристик ВРД, используя модифицированный метод Найквиста, согласно которому опасной точкой является запретная область с индексом M .

Основные положения и выводы диссертационного исследования дополняют и развивают теорию нечеткого логического управления авиационными двигателями. **Практическая значимость** работы подтверждена актами о внедрении результатов работы при проектировании нечетких адаптивных регуляторов в контурах управления ВРД АО «ОДК-СТАР», а также в учебный процесс ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет».

Диссертационная работа Титова Ю.К. не лишена недостатков.

1. Вопросы повышения быстродействия при адаптивном нечетком управлении регулируемого объекта требуют более детального обоснования.

2. Сравнение между адаптивным нечетким управлением и нечетким управлением регулируемым объектом целесообразно представить в расширенном формате.

3. Отсутствуют достаточные разъяснения по некоторым введенным параметрам, например, множителю $2Re''$ в формуле на с. 119 (вторая снизу строка).

4. Не на все рисунки даны ссылки и комментарии (например, рис. 2.29, с. 90, и рис. 4.11, с. 141).

5. Имеются погрешности в оформлении текста и рисунков, в частности, опечатки на с. 8, 9, 12, 42.

Отмеченные **замечания не снижают** высокого научно-технического уровня диссертации Титова Ю.К., основных положений и результатов работы, выполненной на высоком теоретическом и практическом уровне и соответствующей предъявляемым требованиям.

Заключение. Диссертация Титова Юрия Константиновича является завершенной научно-квалификационной работой, в которой изложены научно

обоснованные технические решения и разработки по повышению эффективности функционирования устройств систем управления режимами работы ВРД, в частности, адаптивных нечетких регуляторов и адаптивных фильтров.

По научному содержанию, форме изложения материала и по полученным результатам и выводам диссертация соответствует требованиям к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор Титов Ю.К. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления.

Официальный оппонент:

кандидат технических наук, доцент,

доцент кафедры «Программное обеспечение

вычислительной техники и автоматизированных систем

Пермского военного института войск

национальной гвардии Российской Федерации Греков А.В. /

« 5 » декабря 2019 г.

Греков Артем Владимирович

ФГКВОУ ВО «Пермский военный институт войск национальной гвардии Российской Федерации»

614112, г. Пермь, ул. Гремячий Лог, 1/1

Рабочий телефон: +7 (342) 270-39-01

E-mail: grekartemvl@mail.ru

Кандидатская диссертация защищена по специальности 05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления.

Под

то.

по

ос.

И. Чазов