



ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

о диссертации **Демидовой Галины Львовны** на тему «Разработка и исследование регуляторов с нечеткой логикой для следящих электроприводов оптико-механических комплексов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в технических системах).

Актуальность темы диссертации

К задачам, которые возлагаются на современные оптико-механические комплексы (ОМК) телескопов траекторных измерений и квантово-оптических систем, относятся: определение с большой точностью расстояния до космических аппаратов, прецизионное измерение их угловых координат для вычисления или корректировки траектории движения космических устройств, а также получение фотометрической информации в видимом диапазоне длин волн. При этом следящий электропривод (СЭП) осей телескопа проектируется таким образом, чтобы не только компенсировать все возможные несовершенства конструкции механических узлов телескопа, но и обеспечить управление координатами с точностью, составляющей единицы угловых секунд, в диапазоне скоростей вращения от нескольких десятков угловых секунд в минуту (инфранизкие скорости) до нескольких десятков градусов в минуту в условиях изменения моментов инерции вращающихся масс и высоких значений статического и ветрового моментов сопротивления. Следящие системы, построенные на основе известных структурных решений и алгоритмов, зачастую не могут в полной мере обеспечить выполнение требований, предъявляемых к подобным устройствам, что создаёт предпосылки к использованию методов интеллектуального управления, в том числе алгоритмов нечеткой (фаззи-) логики.

Таким образом, задачи построения и исследования регуляторов с нечеткой логикой для управления прецизионными электроприводами ОКМ, в том числе

обеспечивающих демпфирование влияния упругих связей, остается весьма **актуальным**.

Теоретическая значимость диссертационной работы состоит в разработке методики синтеза регуляторов с нечеткой логикой, в том числе, с применением генетического алгоритма.

Практическая полезность результатов диссертационной работы состоит в разработке и реализации рекомендаций по синтезу регуляторов на основе нечеткой логики и генетических алгоритмов для построения информационной подсистемы электроприводов оптико-механических комплексов с целью обеспечения высокого качества неведения телескопов в условиях различной неопределенности, а также при работе СЭП на инфранизких скоростях слежения.

Научные положения, выводы и рекомендации, выносимые на защиту:

1. Методика синтеза регулятора с нечеткой логикой прямого действия на основе предложенной базы правил для следящих электроприводов опорно-поворотных устройств оптико-механических комплексов.

2. Методика синтеза адаптивного регулятора на основе нечеткой логики (РНЛА) на основе разработанных баз правил для следящих электроприводов опорно-поворотных устройств оптико-механических комплексов.

3. Методика оптимизации коэффициентов РНЛА для следящих электроприводов опорно-поворотных устройств оптико-механических комплексов с помощью генетического алгоритма.

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации не вызывает сомнений в связи с тем, что они базируются на методах теории систем автоматического управления и нечеткой логики, а также на основах электрического привода, глубоко изученных и проверенных практикой. Проведено экспериментальное подтверждение результатов моделирования на специализированном двухмассовом стенде, являющимся физической моделью оси опорно-поворотного устройства оптико-механического комплекса. Обоснованность научных положений обеспечивается также совпадением результатов математических расчетов с экспериментальными данными.

Новизна научных положений, выводов и рекомендаций состоит в следующем:

1. Проведено исследование основных типов регуляторов с нечеткой логикой (РНЛ) прямого действия, на основе которого синтезирован РНЛ для управления следящим электроприводом опорно-поворотных устройств оптико-механических комплексов, исключающий автоколебания при движении на инфранизких скоростях.

2. Показано, что структурой нечеткого регулятора следящих электроприводов опорно-поворотных устройств оптико-механических комплексов для работы во всем диапазоне скоростей движения и при условии исключения «шагового» режима, является структура адаптивного регулятора на основе нечеткой логики (РНЛА).

3. Разработана база правил и на её основе синтезирован РНЛА для управления следящим электроприводом опорно-поворотных устройств оптико-механических комплексов, позволяющий не только исключить автоколебания при движении на инфранизких скоростях, но и обеспечить также заданные параметры слежения в широком диапазоне скоростей движения осей опорно-поворотных устройств.

4. Показано, что использованный генетический алгоритм оптимизации коэффициентов РНЛА позволяет получить унифицированный алгоритм настройки данного типа РНЛ.

Совокупность новых научных результатов и положений имеет внутреннее единство и соответствует целям диссертации.

Замечания по диссертации следующие:

1. Используемая автором двухмассовая модель привода с нежесткостью, описываемой упругой связью с постоянной крутильной жесткостью, вязким и сухим трением, не учитывающим эффект Штрибека (см., например, рис. 1.13 диссертации) не в полной мере отвечает неидеальностям опорно-поворотных устройств оптико-механических комплексов, для которых характерна многомассовость и зазоры в упругих связях, а при ползучих скоростях для сухого трения может лучше подходить модель, учитывающая срывной эффект Штрибека.
2. Система подчиненного управления следящим электроприводом в п. 1.3.1 должна быть, на взгляд оппонента, трех-, а не четырехконтурной (по числу измеряемых переменных) (с.с. 45-49).
3. Организация системы управления с эталонной моделью (п. 1.3.2) не корректна в силу негрубости системы к параметрическим возмущениям (с.с. 49-53).

4. Расчет модального регулятора (п. 1.3.3) не ясен из-за ссылки на несуществующее уравнение (23) (с. 58), а вывод о появлении автоколебаний в системе с модальным управлением (с. 58) противоречит линейной постановке задачи модального управления.
5. Проведенные в п. 2.3 главы 2 работы сравнительные исследования позволили синтезировать регулятор на основе нечеткой логики (РНЛ) прямого действия ("РНЛ на основе предложенной базы правил с двумя входными сигналами (ошибка и скорость ее изменения) и выходом, представляющим собой сумму двух дефазифицированных сигналов, один из которых содержит интегральную составляющую") для контура скорости. Насколько правомерно применение такой же структуры РНЛ в контуре регулирования положения (см. п. 2.4) без дополнительных исследований?
6. Из п. 2.5 не удается выяснить, что понимается под «методикой синтеза адаптивного регулятора на основе нечеткой логики (РНЛА) на основе разработанных баз правил для следящих электроприводов опорно-поворотных устройств оптико-механических комплексов», выдвинутой в качестве одного из научных положений, выносимых на защиту.
7. На основании чего было выбрано двоичное кодирование генов хромосом генетического алгоритма с использованием кода Грея, при том что в разделе 3 указано что применение кодирования в виде действительных чисел повышает скорость обработки данных?
8. При изложении автором используются некорректные термины и сленг, а также имеются неточности редакционного характера, затрудняющие чтение работы.

Однако сделанные замечания не меняют положительной оценки диссертационной работы.

Заключение о соответствии диссертации критериям, которым должны отвечать диссертации, представленные на соискание ученой степени кандидата наук.

Диссертация Демидовой Г.Л. представляет собой законченную научно-квалификационную работу по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в технических системах), в которой изложены новые научно обоснованные технические решения и методики устранения шагового режима на инфранизких скоростях слежения опорно-поворотных устройств таких

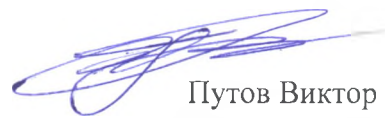
объектов, как телескопы траекторных измерений, представляемые многомассовыми системами с упругими связями.

Диссертацию характеризует внутреннее единство, а также личностный вклад автора в разработки методики синтеза регуляторов на основе нечеткой логики. Автореферат отражает основное содержание диссертации.

Положения диссертации подтверждены результатами имитационного математического моделирования, теоретическими и экспериментальными исследованиями, доложены на всероссийских и международных конференциях, опубликованы в отечественных и зарубежных журналах, в том числе входящих в перечень ВАК и Scopus.

Выполненная диссертационная работа полностью соответствует требованиям пунктам 9, 10, 11, 13, 14 Положения о порядке присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. (ред. от 02.08.2016 г.), предъявляемым к квалификационным работам на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Демидова Галина Львовна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в технических системах).

Официальный оппонент,
Доктор технических наук, профессор,
Заслуженный профессор СПбГЭТУ «ЛЭТИ»,
профессор кафедры «Системы автоматического
управления», Федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования
Санкт-Петербургского государственного
электротехнического университета «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина), г. Санкт-Петербург,



Путов Виктор
Владимирович

197376, Россия, Санкт-Петербург, улица Профессора
Попова, дом 5
тел.: +7 (812) 234-6818; 346-3307
e-mail: vvputov@mail.ru

Подпись профессора Путова В.В. заверяю

Начальник ОДС СПбГЭТУ «ЛЭТИ»

« 06 » 12 2016 г.



Русева
Татьяна Леонидовна