

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 005.007.01
НА БАЗЕ ФГБУН ИНСТИТУТ АВТОМАТИКИ И ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 27 февраля 2015 г., № 1

О присуждении Губанкову Антону Сергеевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Адаптивное управление манипуляторами с максимальным быстродействием» по специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации»

принята к защите 25 декабря 2014 г., протокол № 11

диссертационным советом Д 005.007.01 на базе ФГБУН Институт автоматики и процессов управления Дальневосточного отделения Российской академии наук, 690041, г. Владивосток, ул. Радио, 5, приказ № 1777-524 от 09.07.2010 г.

Соискатель Губанков Антон Сергеевич, 1985 года рождения.

В 2007 году соискатель окончил ГОУ ВПО Дальневосточный государственный технический университет, в 2010 году окончил очную аспирантуру в ФГБУН Институт автоматики и процессов управления Дальневосточного отделения Российской академии наук.

Соискатель работает инженером лаборатории робототехнических систем в ФГБУН Институт автоматики и процессов управления Дальневосточного отделения Российской академии наук.

Диссертация выполнена в лаборатории робототехнических систем ФГБУН Институт автоматики и процессов управления Дальневосточного отделения Российской академии наук.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Филаретов Владимир Федорович, заведующий лабораторией робототехнических систем ФГБУН Институт автоматики и процессов управления Дальневосточного отделения Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

1. Стажков Сергей Михайлович, гражданин Российской Федерации, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной механики, автоматики и управления ФГБОУ ВПО Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;

2. Костенко Владимир Владимирович, гражданин Российской Федерации, кандидат технических наук, заведующий лабораторией исполнительных устройств и систем телеуправления ФГБУН Институт проблем морских технологий ДВО РАН дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – ФГБОУ ВПО Московский государственный технологический университет «СТАНКИН» в своем положительном заключении, подписанном Подураевым Ю.В., доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой робототехники и мехатроники, указала, что в работе создан и апробирован новый метод синтеза адаптивных систем управления, которые за счет настройки по амплитудно-частотным характеристикам (АЧХ) объекта управления с переменными параметрами могут поддерживать максимально возможную скорость его движения без снижения заданной динамической точности; разработан метод формирования задающих сигналов для электроприводов многоступенчатых манипуляторов (ММ) в виде частей гармонических сигналов с автоматически настраиваемой частотой; предложен метод формирования предельно высокой скорости движения рабочих органов ММ по пространственным траекториям, при которой сохраняется заданная динамическая точность управления, а часть исполнительных электроприводов находится на конечных участках их линейных зон. Результаты рекомендуются для применения на машиностроительных производствах при выполнении различных технологических операций.

Соискатель имеет 25 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 25 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях – 4. Из них две статьи в журнале «Мехатроника, автоматизация, управление» в соавторстве общим объёмом 0.8 п.л., одна статья в журнале «Известия ВУЗов. Машиностроение» в соавторстве объемом 0.5 п.л., одна статья в журнале «Информационно-измерительные и управляющие системы» в соавторстве объемом 0.4 п.л., четыре патента РФ на изобретения в соавторстве общим объемом 3 п.л., одна статья в журнале «Lecture Notes in Electrical Engineering» в соавторстве объемом 0.3 п.л., две статьи в сборниках трудов международного симпозиума «International DAAAM Symposium «Intelligent Manufacturing & Automation: Theory, Practice & Education» в соавторстве общим объемом 0.4 п.л., одна статья в сборнике трудов международной конференции «The 1st Joint International Conference on Multibody System Dynamics» в соавторстве объемом 0.5 п.л., одна статья в сборнике материалов международной научно-технической конференции «Мехатроника, автоматизация и управление» в соавторстве объемом 0.1 п.л., одна статья в сборнике материалов 2-й Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов «Будущее машиностроения России» объемом 0.5 п.л., одна статья в сборнике докладов Национальной научно-

технической конференции в соавторстве объёмом 0.4 п.л., одна статья в сборнике материалов 4-ой Всероссийской мультиконференции по проблемам управления в соавторстве объёмом 0.1 п.л., одна статья в сборнике материалов международной научно-технической конференции «Экстремальная робототехника 2011» в соавторстве объёмом 0.5 п.л., две статьи в сборнике трудов XV международной конференции «Проблемы управления и моделирования в сложных системах» в соавторстве общим объёмом 0.4 п.л., одна статья в сборнике материалов Всероссийской открытой конкурс-выставки научно-технического творчества молодежи для молодых ученых «Исследователь будущего» в соавторстве объёмом 0.3 п.л., 5 тезисов докладов международных, всероссийских и региональных конференций, из них 3 в соавторстве, общим объемом 0.4 п.л.

Вклад Губанкова А.С. в работах, опубликованных в соавторстве, заключается в разработке и исследовании алгоритма расчета частоты задающего сигнала на основе АЧХ объекта с переменными параметрами и на основе упрощенного аналитического описания АЧХ, синтезе самонастраивающихся систем для стабилизации параметров электроприводов ММ на номинальном уровне, разработке систем формирования режимов движения ММ и проведении математического моделирования.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Филаретов В.Ф., Губанков А.С. Синтез адаптивных систем управления, настраиваемых по амплитудным частотным характеристикам объектов с переменными параметрами // Мехатроника, автоматизация, управление. - 2010. - № 1. - С. 15-21.

2. Филаретов В.Ф., Губанков А.С. Система формирования предельно высокой скорости движения рабочего органа многоступенчатого манипулятора по произвольной траектории // Информационно-измерительные и управляющие системы. - 2013.- Т.11. - №4. - С. 19-25.

3. Филаретов В.Ф., Губанков А.С. Синтез системы формирования программных сигналов для электроприводов многозвездных манипуляторов // Мехатроника, автоматизация, управление. - 2013. - № 5. - С. 30-34.

На диссертацию и автореферат поступило 10 отзывов. Все они положительные.

1. Отзыв из Владимирского государственного университета им. А.Г. и Н.Г. Столетовых, подписан д.т.н., профессором, профессором кафедры «Автоматизация технологических процессов» Егоровым И.Н., содержит замечания: из автореферата не ясно, почему траектории движения многозвездного манипулятора формируются как участки именно гармонических траекторий, а не, например, спайны; из текста автореферата (стр. 15) не ясно, как формируются законы изменения координат $x(t)$, $y(t)$, $z(t)$ с учетом скорости V^* движения рабочего инструмента манипулятора.

2. Отзыв из Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета, подписан д.т.н., профессором, зав. кафедрой кораблестроения Таранухой Н.А. и к.т.н., профессором, доцентом кафедры электропривода и автоматизации промышленных установок Стельмащуком С.В., содержит замечания: в работе не поясняется, возможно ли использование предложенного подхода при использовании приводов другого типа; из текста автореферата не понятно, почему программные сигналы для электроприводов манипулятора в виде участков плавных кривых (6) обеспечивают подход рабочего органа без перерегулирования.

3. Отзыв из Новосибирского государственного технического университета, подписан д.т.н., доцентом, профессором кафедры автоматики Французовой Г.А., содержит замечания: не оговаривается, как оценивать момент инерции J_{Σ} в процессе функционирования манипулятора (рис. 2.); будет ли обеспечивать синтезированная адаптивная система управления требуемое качество работы при наличии момента сопротивления M_c на валу электродвигателя; не ясно, как при моделировании или экспериментально определяются весовые коэффициенты K_1 и K_2 для формулы (9).

4. Отзыв из ЦНИИ РТК (г. Санкт-Петербург), подписан д.т.н., профессором, почетным главным конструктором Юревичем Е.И., содержит замечание: не определены ограничения (пределы) применения предложенного метода синтеза, включая структуру манипулятора, типы траекторий движения, диапазоны изменения нестационарных параметров.

5. Отзыв из Амурского государственного университета (г. Благовещенск), подписан д.т.н., профессором, профессором кафедры информационных и управляющих систем Ереминым Е.Л., содержит замечания: в тексте автореферата не приводится явный вид алгоритмов самонастройки, не оговаривается уровень параметрической неопределенности, отсутствует характеристика влияния нелинейностей и нестационарностей на работоспособность контура адаптации системы управления; неясно какой рассматривался максимальный порядок степеней свободы, и как это влияло на сложность реализации системы управления; формулы в автореферате имеют или тривиальный вид, например, (1), (2), или носят общий характер, например, (9), где не пояснена роль каждого из двух слагаемый и нет практических рекомендаций по подбору значений весовых коэффициентов.

6. Отзыв из Иркутского государственного университета путей сообщения, НОЦ современных технологий, системного анализа и моделирования, подписан д.т.н., профессором, директором – главным научным сотрудником Елисеевым С.В., содержит замечания: в выводах по работе вводится информация о новой концепции синтеза высокоточных адаптивных систем управления, хотя в перечне решаемых задач и позициях научной новизны, концепция, как таковая, не обозначена; при

разработке математической модели управления манипулятором механическая часть системы учитывается в слишком простом варианте.

7. Отзыв из Объединенного института проблем информатики Национальной академии наук Беларуси (г. Минск), подписан к.т.н., доцентом, ведущим научным сотрудником Несенчук А.А., содержит замечания: в автореферате не указывается, как производится расчет величины $A'(\omega_p^*)$ в формуле (4); не поясняется, что понимается под терминами «малая» и «существенная» кривизна траектории.

8. Отзыв из НИИ многопроцессорных вычислительных систем имени академика А.В. Каляева ЮФУ (г. Таганрог), подписан членом-корреспондентом РАН, д.т.н., профессором, директором Каляевым И.А. и д.т.н., заведующим отделом Капустяном С.Г., содержит замечания: из текста автореферата непонятно, как будет работать предложенный подход к адаптивной настройке режимов движения манипулятора на основе использования выражений для амплитудно-частотных характеристик их приводов в случае, когда присутствуют нелинейности (люфты, сухие и вязкие трения) или неопределенности в их параметрах; не показано, насколько применимы методы настройки скорости движения многозвездного манипулятора с учетом возможного входа в насыщения его приводов в случае, когда в приводах этих манипуляторов будут использоваться двигатели других типов.

9. Отзыв из Севастопольского государственного университета, подписан д.т.н., профессором, профессором кафедры приборных систем и автоматизации технологических процессов Пашковым Е.В. и к.т.н., заведующим кафедрой информатики и управления в технических системах Кабановым А.А., содержит замечание: не ясно, как при исследованиях разработанных адаптивных систем управления учитывалось влияние самой технологической операции.

10. Отзыв из МГТУ им. Н.Э. Баумана (г. Москва), подписан д.т.н., профессором, профессором кафедры «Робототехнические системы и мехатроника» Ющенко А.С., содержит замечания: не сформулированы условия применимости и ограничения предлагаемых автором методов; не раскрыт способ адаптации с использованием самонастраивающихся регуляторов; не проведено исследование рассматриваемой системы с учетом нелинейных факторов.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их соответствием требованиям пунктов 22 и 24 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а также заключением комиссии докторской диссертации Д 005.007.01, зафиксированном в протоколе №11 заседания докторской диссертационной комиссии Д 005.007.01 в Институте автоматики и процессов управления Дальневосточного отделения Российской академии наук от 25 декабря 2014 г.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана новая концепция синтеза высокоточных адаптивных систем управления манипуляторами, которая основана на непрерывной подстройке скорости движения их рабочих органов по произвольно задаваемым траекториям;

предложен алгоритм определения частоты входного сигнала для исполнительных электроприводов манипуляторов на основе их АЧХ;

показана перспективность формирования задающих воздействий в виде частей гармонических сигналов для электроприводов манипуляторов при выполнении технологических операций, где требуется плавный подход к объектам работ;

введено понятие предельно высокой скорости движения рабочего органа многостепенного манипулятора по траектории, которая достигается, когда хотя бы один из его исполнительных электроприводов работает на пределе энергетических возможностей или его динамическая ошибка имеет предельно допустимое значение.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

обоснована возможность повышения скорости работы манипуляторов за счет подстройки частоты задающих входных сигналов, осуществляющейся на основе АЧХ;

показана эффективность предложенного метода формирования предельной скорости движения рабочего органа ММ по траекториям на основе информации о напряжениях и токах в якорных цепях исполнительных электроприводов;

применительно к проблематике диссертации результативно использованы методы теории автоматического управления линейными и нелинейными системами.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

полученные результаты позволяют повысить производительность технологического оборудования, содержащего многостепенные манипуляторы;

результаты работы внедрены в Институте автоматики и процессов управления ДВО РАН (г. Владивосток) при выполнении научно-исследовательских работ, в Дальневосточном федеральном университете (г. Владивосток) в образовательный процесс, в ОАО «Дальприбор» (г. Владивосток);

результаты работы рекомендуются к использованию в ОАО ААК «Прогресс» и ОАО «Аскольд» (г. Арсеньев), в ОАО «Изумруд» (г. Владивосток), а также в машиностроительном производстве при выполнении технологических операций.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

теория, используемая при описании методов формирования скорости движения рабочих органов многостепенных манипуляторов, базируется на классических подходах теории автоматического управления, теоретической механики, ее

использование соответствует общепринятым теоретическим и практическим положениям и согласуется с опубликованными в научной литературе данными;

полученные автором результаты согласуются с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике;

достоверность результатов работы подтверждается данными вычислительных и натурных экспериментов, которые подробно описаны и воспроизводимы.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии автора во всех этапах работы; в разработке и экспериментальных исследованиях метода синтеза адаптивных систем управления, настраивающихся по АЧХ объектов с переменными параметрами; в разработке метода синтеза адаптивной системы формирования программных сигналов для электроприводов многозвездных манипуляторов; в разработке метода синтеза адаптивной системы формирования предельно высокой скорости движения многозвездных манипуляторов по произвольным траекториям с учетом реальных физических ограничений; в подготовке публикаций и докладов на конференциях по теме работы.

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация Губанкова А.С. представляет собой научно-квалификационную работу, в которой содержится решение задачи разработки методов синтеза адаптивных систем управления многозвездными манипуляторами, способных обеспечить выполнение технологических операций на предельно возможных скоростях без снижения динамической точности их движения и с учетом возможного входа исполнительных электроприводов в насыщение. Диссертация соответствует критериям пункта 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук.

На заседании 27 февраля 2015 г. диссертационный совет принял решение присудить Губанкову А.С. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 24 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 32 человек, входящего в состав совета, проголосовали: за – 24, против – 0, недействительных бюллетеней нет.

Председатель
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета

27.02.2015 г.

Кульчин Юрий Николаевич

Петрунько Наталья Николаевна

