

ОТЗЫВ

дополнительного члена ДС.ТПУ.15 Шидловского Станислава Викторовича на диссертационную работу Хожаева Ивана Валерьевича на тему «Синтез адаптивного и робастного регуляторов для модального двухрежимного управления движением необитаемого подводного аппарата» по специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика» на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Актуальность темы диссертации

Прогресс в области освоения Мирового океана обуславливает необходимость создания новых технических средств, в том числе необитаемых подводных аппаратов. Повышение эффективности их работы требует создания высококачественных систем автоматического управления для них, в том числе систем управления движением. В то время как задачи траекторного и группового управления решаются на тактическом и стратегическом уровнях систем, исполнительный уровень такой системы должен иметь стабильные показатели качества регулирования несмотря на характерные особенности подводного аппарата, как объекта управления: нестационарность параметров, нелинейность и многосвязность. Решению этой актуальной задачи при помощи типовых регуляторов пониженного порядка и посвящена диссертационная работа «Синтез адаптивного и робастного регуляторов для модального двухрежимного управления движением необитаемого подводного аппарата».

Научная новизна результатов диссертации и их практическая значимость

Результаты диссертации Хожаева И.В. развивают теорию автоматического управления в части модального управления системами с интервальными параметрами. Предложенные методики синтеза в совокупности с разработанным правилом анализа параметрического многогранника системы позволяют обеспечить стабильные значения корневых показателей качества систем управления при помощи ПИ- и ПИД-регуляторов. Такие системы более просты в реализации и менее требовательны к вычислительным ресурсам, чем системы на основе нечеткой логики, нейросетевых регуляторов.

Разработанная модель системы управления движением необитаемого подводного аппарата с интервальными параметрами позволяет применить для синтеза такой системы упомянутые ранее методики. Многие гидродинамические процессы, связанные с движением необитаемых подводных аппаратов, можно отнести к разряду немоделируемой динамики (в частности, автор приводит в пример пульсации упора гребного винта при изменении его ориентации в потоке жидкости). Математическое описание таких процессов затруднительно. В этой связи математическая модель с интервальными параметрами представляется компромиссом сложности модели и полноты описываемых свойств системы.

Таким образом, все результаты диссертации направлены на обеспечение возможности синтеза максимально простой в реализации системы управления

движением подводного аппарата, сохраняющей работоспособность в изменчивых условиях водной среды. В этом состоит **практическая значимость работы**.

Также практическая значимость результатов работы подтверждается их внедрением в работу ООО «50ом Тех.», в образовательную и научно-исследовательскую деятельность НИ ТПУ.

Анализ содержания диссертации

Диссертация Хожаева И.В. содержит 201 страницу машинописного текста, не считая одного приложения, и состоит из введения, пяти глав и заключения. Во **введении** автор формулирует актуальность, цели и задачи исследования. В **первой главе** рассматривается текущее состояние предметной области. Во **второй главе** рассматривается построение математической модели исполнительного уровня системы автоматического управления движением необитаемого подводного аппарата в шести степенях свободы. Особое внимание в этой главе диссертации уделено описанию процедуры оценки интервальных параметров системы по экспериментальным характеристикам элементов системы, что отражает практическую направленность работы. В **третьей главе** рассматривается разработка правила поиска координат вершин параметрического многогранника систем с интервальными параметрами, образы которых определяют корневые показатели качества системы: степень робастной устойчивости и степень робастной колебательности. В **четвертой главе** рассматривается разработка методик синтеза регуляторов, обеспечивающих желаемые значения корневых показателей качества системы через размещение полюсов системы в желаемых областях комплексной плоскости в соответствии с принципом доминирования полюсов. Также решена задача размещения части полюсов системы с интервальными параметрами в конкретных точках комплексной плоскости, что позволяет добиться постоянных значений показателей качества. **Пятая глава** диссертации посвящена синтезу регуляторов системы автоматического управления движением необитаемого подводного аппарата в вертикальной плоскости с применением упомянутых ранее методик, а также имитационному моделированию движения аппарата под управлением синтезированной системы. Стоит отметить, что синтез системы проводится на основе упрощенной математической модели, а для оценки качества ее работы средствами Matlab Simulink создана модель с минимумом упрощений: многосвязная, нелинейная, с нестационарными параметрами.

Таким образом, диссертация «Синтез адаптивного и робастного регуляторов для модального двухрежимного управления движением необитаемого подводного аппарата» организована логично и содержит решение научной задачи стабилизации степени робастной устойчивости и степени робастной колебательности исполнительного уровня системы автоматического управления движением необитаемого подводного аппарата в условиях интервальной неопределенности его параметров.

Диссертационная работа и автореферат Хожаева И.В. соответствуют паспорту специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика».

Основные научные результаты диссертации опубликованы в 19 работах. В том числе в 8 статьях в изданиях, рекомендуемых ВАК, все из которых проиндексированы в Scopus и/или Web of Science. Остальные 11 статей включены в сборники трудов международных и российских конференций, 9 из которых проиндексированы в Scopus. Таким образом, результаты работы в достаточной степени опубликованы и апробированы на конференциях различных уровней.

Достоверность результатов диссертации

Достоверность и обоснованность полученных результатов подтверждается корректно проведенными вычислительными экспериментами, степенью опубликования результатов в ведущих российских и зарубежных рецензируемых изданиях и апробацией их на всероссийских и международных конференциях, включая зарубежные.

Соответствие автореферата содержанию диссертации

Автореферат оформлен в соответствии с требованиями государственного стандарта и в достаточной степени отражает содержание диссертации.

Замечания к диссертации

1. Не проведено моделирование движения подводного аппарата при подводных течениях с переменной скоростью.

2. В первой главе приведены типовые траектории движения подводного аппарата в горизонтальной плоскости при покрытии акваторий. Однако автор провел синтез подсистемы управления движением только в вертикальной плоскости. Логично было бы либо дополнить первую главу информацией о типовых траекториях движения в вертикальной плоскости, либо показать синтез подсистемы управления движением в горизонтальной плоскости.

3. Системы дифференциальных уравнений, описывающих движение подводного аппарата, громоздки и тяжело воспринимаются. Возможно, следовало бы привести модель к матричной форме. Принятые обозначения некоторых переменных также переусложнены.

Приведенные замечания не снижают общей ценности полученных результатов.

Заключение

Диссертация «Синтез адаптивного и робастного регуляторов для модального двухрежимного управления движением необитаемого подводного аппарата» отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, изложенным в п. 2 Порядка присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском Томском политехническом университете. Диссертация является законченной

научно-квалификационной работой, а Хожаев Иван Валерьевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика».

Я, Шидловский Станислав Викторович, даю свое согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Дополнительный член ДС.ТПУ.15,
д.т.н., профессор
Научно-образовательного
центра И.Н. Бутакова
Инженерной школы энергетики,
федеральное государственное
автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский
Томский политехнический
университет»


/Шидловский Станислав Викторович/

Дата « 9 » ноября 2023 г.

Подпись Шидловского С.В. заверяю
Ученый секретарь организации


/Кулинич Е.А./
Печать организации

Шидловский Станислав Викторович; 634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 30,
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования «Национальный исследовательский Томский политехнический
университет»; телефон +7 (909) 541-99-42; e-mail: shidlovskiy@tpu.ru