

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

кандидата технических наук Боевой Василисы Андреевны на диссертационную работу Буй Ван Там «Синтез резонансных регуляторов методом разделения движений для стабилизации платформ на подвижном основании», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

**1. Актуальность темы диссертационного исследования.** Стабилизированные платформы находят широкое применение для размещения прецизионного оборудования на подвижных объектах, что позволяет повысить точность углового позиционирования такого оборудования и повысить эффективность его работы. Диссертационная работа посвящена задаче стабилизации положения платформы, которая размещена на палубе корабля в условиях колебаний водной среды. Необходимо отметить, что рассматриваемая в диссертации задача также непосредственно связана с разработкой высокоточных систем для сопровождения цели аппаратурой наблюдения, а также с разработкой эффективных систем активной виброизоляции операторов и оборудования. В связи с этим тема данного диссертационного исследования является актуальной и представляет большой интерес для дальнейшего развития методов проектирования систем управления, обеспечивающих стабилизацию положения платформ.

**2. Структура диссертации.** Диссертация содержит введение, пять глав, заключение, список литературы из 124 наименований и одно приложение. Общий объем диссертации составляет 151 страницу текста, в том числе, 54 рисунка и 3 таблицы.

**Во введении** представлен обзор применяемых конструкций платформ и результатов исследований в области проектирования систем управления

для стабилизированных платформ, обсуждаются задачи диссертационного исследования, отмечается новизна результатов диссертации, описана структура, основные положения диссертационной работы и поясняется содержание разделов диссертации.

**В первой главе** рассмотрены примеры применения стабилизированных платформ, кинематические схемы платформ, где исполнительным механизмом является электрогидропривод. Дано описание математической модели электрогидропривода, математической модели платформы на корабле с одним каналом и с двумя каналами управления. Сформулированы цель и задачи данного диссертационного исследования.

**Во второй главе** рассматриваются методики расчета параметров алгоритма управления на основе упрощенной модели электрогидропривода и для полной модели с учетом малых параметров электрогидропривода. Предлагается использовать функции чувствительности для учета требования на степень подавления возмущений. Предложена структура резонансного пропорционально-интегрального (ПИ) регулятора и методика расчета параметров такого регулятора, что позволяет обеспечить асимптотическую устойчивость углового положения платформы при гармонических возмущениях. Представлены результаты численного моделирования систем с предлагаемыми алгоритмами управления.

**В третьей главе** результаты второй главы обобщаются на случай системы с двумя каналами управления для крена и тангажа платформы при волновых возмущениях основания платформы с жесткой кинематической связью платформы и штока гидроцилиндра. Разработана процедура синтеза методом разделения движений двухканальной системы управления с резонансным ПИ-регулятором для математической модели платформы с жесткой кинематической связью платформы и штока гидроцилиндра. Представлены результатами численного моделирования, которые согласуются с результатами аналитических исследований.



**В четвертой главе** рассматривается задача стабилизации положения упругого подвеса при действии гармонических и полигармонических возмущений. Предложена структура резонансного пропорционально-интегрально-дифференциального (ПИД) регулятора и процедура расчета его параметров методом разделения движений. Предложена методика вычисления параметров ПИД-регулятора на основе применения функции чувствительности.

**В пятой главе** дано обобщение результатов четвертой главы для случая математической модели платформы с упругими кинематическими связями платформы и штоков гидроцилиндров. Предложена процедура синтеза двухканального резонансного ПИД-регулятора для угловой стабилизации платформы на основе метода разделения движений. Предложены варианты регуляторов для подавления влияния гармонических и полигармонических возмущений с известной частотой и неизвестной амплитудой.

**В заключении** сформулированы основные результаты диссертационной работы.

**Приложение** содержит акты о внедрении результатов диссертационного исследования в Сибирском научно-исследовательском институте авиации имени С. А. Чаплыгина (СибНИА, г. Новосибирск) и в учебном процессе Новосибирского государственного технического университета, г. Новосибирск.

**3. Достоверность и обоснованность научных положений.** Положения, выводы и рекомендации диссертационной работы обоснованы и аргументированы корректным применением математического аппарата. Достоверность результатов диссертационной работы подтверждается согласованием результатов математического анализа и результатов численного моделирования, а также результатами практической апробации разработанных резонансных регуляторов на электрогидравлическом стенде в Сибирском научно-исследовательском институте авиации имени С. А. Чаплыгина (СибНИА, г. Новосибирск).

**4. Новизна научных положений, выводов и рекомендаций.** Диссертационная работа вносит определенный вклад в теорию синтеза селективно-инвариантных систем управления при действии гармонических возмущений. В частности, в работе предложены структуры резонансных регуляторов и разработаны методики расчета их параметров, в основе которых лежит применение принципа внутренней модели и метод разделения движений. Новыми научными результатами являются:

1. Методика синтеза системы управления для угловой стабилизации платформ методом разделения движений, позволяющая учесть влияние малых инерционностей электрогидропривода;

2. Методика синтеза системы управления с ПИ и ПИД-регуляторами для угловой стабилизации платформ на основе применения метода разделения движений и функции чувствительности, позволяющая обеспечить заданную степень подавления гармонических возмущений;

3. Предложенные структуры резонансных регуляторов для стабилизации платформ, позволяющие обеспечить асимптотическую устойчивость углового положения платформ при гармонических возмущениях;

4. Методика синтеза резонансных ПИ и ПИД-регуляторов для одноканальных и многоканальных систем угловой стабилизации платформ, позволяющая осуществить расчет резонансных компонент регулятора независимо от расчета параметров ПИ и ПИД-регуляторов.

**5. Практическая значимость диссертационной работы** состоит в том, что реализация систем управления с предлагаемыми резонансными регуляторами позволит повысить точность угловой стабилизации платформ при действии гармонических возмущений. Результаты данной работы также могут быть использованы при разработке систем активной виброизоляции операторов и оборудования. Практическая значимость научных результатов диссертации подтверждается актами внедрения.



**6. Соответствие паспорту специальности.** Диссертационная работа выполнена в соответствии с паспортом специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика:

1) По пункту 2: Формализация и постановка задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки;

2) По пункту 4: Разработка методов и алгоритмов решения задач системного оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта;

3) По пункту 14: Разработка принципиально новых методов анализа и синтеза элементов системы управления с целью улучшения и технических характеристик.

**7. Оценка содержания диссертации.** Представленная диссертационная работа Буй Ван Там является законченным целостным исследованием проблемы синтеза систем угловой стабилизации платформ на подвижном основании при действии гармонических возмущений на основе применения метода разделения движений и принципа внутренней модели. Выносимые на защиту положения отражены в публикациях автора, апробированы на все-российских и международных научно-практических конференциях. Результаты исследования по теме диссертации опубликованы в 10 печатных работах, в том числе, в 2-х статьях в журналах (квартиль К2) из списка рекомендуемых ВАК для публикации результатов диссертационных исследований по специальности 2.3.1, а также в 6-и печатных работ в изданиях, проиндексированных в Scopus или Web of Science и в 2-х статьях в других изданиях. Автореферат в полной мере отражает содержание и основные положения диссертационной работы.

#### **8. Замечания по содержанию диссертации.**

1. Передаточная функция резонансного блока на рис. 2.3 (стр. 44 диссертации) содержит числитель в виде полинома второй степени. Отсутствует

обоснование необходимости введения числителя в виде полинома. Если заменить данный числитель на коэффициент усиления, тогда получим динамическое звено, которое также имеет резонансную характеристику. Возможно ли заменить числитель в резонансном блоке на коэффициент усиления?

2. При анализе свойств двухканальной системы управления для угловой стабилизации платформы с ПИ-регулятором предполагается, что выполнено условие  $K_0 = G^{-1}$ . Возникает вопрос: каким образом нарушение данного условия повлияет на свойства системы управления?

3. Из текста диссертации остается неясным следующий вопрос: каким образом функция чувствительности используется при расчете параметров двухканальной системы угловой стабилизации платформы?

Отмеченные недостатки не снижают общей положительной оценки представленного автором диссертационного исследования.

**Замечаний по оформлению диссертации нет**, установленные требования к оформлению выполнены.

**9. Оценка диссертации в целом.** Диссертация Буй Ван Там соответствует областям исследований 2, 4 и 14 паспорта специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика. Представленная диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой автором разработаны новые алгоритмы и методики синтеза резонансных регуляторов для стабилизации платформ на подвижном основании. Диссертация обладает внутренним единством применяемых подходов к решению исследуемой проблемы, содержит новые научные результаты, которые опубликованы в рецензируемых научных изданиях и отражают личный вклад автора диссертации. Таким образом, диссертационная работа Буй Ван Там «Синтез резонансных регуляторов методом разделения движений для стабилизации платформ на подвижном основании» соответствует требо-

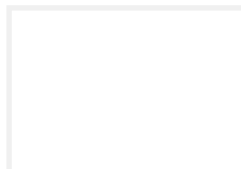


ваниям пунктов 9, 10 и 11 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 в редакции от 25.01.2024 г., предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Буй Ван Там заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Официальный оппонент:

Доцент кафедры прикладной математики  
института инженерных и информационных технологий,  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Новосибирский государственный архитектурно-строительный  
университет (Сибстрин)»,

кандидат технических наук



Боева Василиса Андреевна

«24» июня 2024 г.

Адрес: 630008, Россия, г. Новосибирск,

ул. Ленинградская, 113

Телефон: +7(383) 266-41-25

Эл. почта: v.boyeva@sibstrin.ru

*Отзыв поступил в совет  
25.06.2024 Вайли*

*В Буйванов откомлен  
25.06.2024 ВР*

Подпись В. А. Боевой заверяю:

