

## ОТЗЫВ

на автореферат и диссертацию Берлина Леонида Михайловича  
на тему: «Скалярное управление системой несинхронных осцилляторов  
по критерию быстродействия», представленной на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук по специальности 2.3.1. –  
Системный анализ, управление и обработка информации, статистика

Диссертационная работа Берлина Л.М. посвящена актуальной задаче аналитического и численного исследования быстродействия для систем, состоящих из нескольких несинхронных осцилляторов при скалярном ограниченном управлении. Актуальность темы обусловлена широким классом прикладных задач (механические системы, робототехника, вибрационные установки), в которых размерность управления меньше размерности фазового пространства, что приводит к сложной структуре оптимальных законов управления.

В первой главе автором проведен глубокий анализ свойств системы: доказаны сильная достижимость и глобальная управляемость, показано отсутствие особых режимов управления, а также установлена важная связь между задачами разгона и остановки. Эти результаты позволили строго охарактеризовать свойства множества достижимости.

Вторая глава содержит ключевой результат работы – вывод дополнительных необходимых условий экстремума (теорема 1), которые совместно с принципом максимума Понтрягина дают возможность анализировать управления из любого заданного класса переключений. Особого внимания заслуживает детальный анализ класса двух переключений для двух осцилляторов (лемма 10), где в явном виде получены функциональные зависимости между параметрами задачи. Предложенная комбинация аналитических условий с итерационным алгоритмом Нейштадта–Итона представляет собой эффективный метод численного синтеза управления.

Третья глава посвящена доказательству непрерывной зависимости критерия быстродействия и длительностей интервалов управления от параметров задачи. Строго обосновано, что внутри классов переключений (при отсутствии вырождений) критерий и длительности являются непрерывными функциями, а также доказана непрерывность оптимального времени по параметру ограничения управления  $\varepsilon$ .

Достоверность полученных результатов подтверждается строгостью математических доказательств, корректностью постановок и согласием теоретических выводов с данными численного моделирования. Результаты прошли широкую апробацию на авторитетных конференциях и опубликованы в ведущих рецензируемых журналах, включая «Автоматику и телемеханику», «Доклады РАН» и «Mathematics».

Замечания к автореферату и диссертации:

1. В тексте автореферата и диссертации отсутствует формальное определение «вырожденного класса управления» (или «вырождения управления»), хотя в подразделе 2.1 на частном примере показано, что под этим понимается. Желательно было бы дать четкое определение на этапе постановки задачи.
2. Подраздел 2.2, посвященный детальному анализу класса двух переключений для двух осцилляторов, носит вспомогательный технический характер. Вынесение его в приложение могло бы улучшить структуру основного текста, сделав его более компактным.

3. В формулировке леммы 11 условие (2.66) является избыточным, так как непосредственно следует из определения. Это, однако, не влияет на справедливость утверждения.
4. В главе 3 предложен способ проверки принадлежности управления к заданному классу переключений. Желательно было бы кратко описать его реализацию при численном моделировании во второй главе, где проводится классификация.

Указанные замечания носят рекомендательный и уточняющий характер, не затрагивают основных научных результатов и не снижают общей высокой оценки работы.

**Заключение.** Диссертационная работа Берлина Леонида Михайловича соответствует паспорту специальности 2.3.1. – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика» и полностью удовлетворяет требованиям Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Я, Семакова Анна Анатольевна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

«23» марта 2026 г.

Семакова Анна Анатольевна

*Семакова*

кандидат физико-математических наук,  
доцент высшей школы автоматизации и робототехники  
федерального государственного автономного образовательного  
учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский  
политехнический университет Петра Великого»

195251, Санкт-Петербург, Политехническая, д.29 литера Б

e-mail: semakova\_aa@spbstu.ru

телефон: +7 (812) 775-05-30

