



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ

**ИНСТИТУТ ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМ
ИМ. А.К. АЙЛАМАЗЯНА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

152021, Россия, Ярославская область, Переславский район,
село Веськово, улица Петра Первого, дом 4 «а», ИПС им. А.К. Айламазяна РАН
ОГРН 1027601052225, ИНН 7622004420, КПП 762201001, ОКПО 04832915
Тел./Факс: +7(4852)69-52-28 e-mail: psi@botik.ru <http://www.psi-ras.ru/>

от 23.04.2026 № 11609/2115-90
на № _____ от _____

Утверждаю

И.о. директора,

к.т.н.

«23» апреля 2026г.



И.П. Тищенко

ОТЗЫВ

ведущей организации

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт программных систем им. А.К. Айламазяна Российской академии наук на диссертационную работу Берлина Леонида Михайловича «Скалярное управление системой несинхронных осцилляторов по критерию быстродействия»,

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности

2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика»

Актуальность темы диссертационной работы

Значительной практической ценностью обладают способы решения задач с дефицитом ресурса управления в случае, когда размерность вектора управления меньше размерности пространства состояний физической системы. В диссертационной работе Берлина Л.М. разрабатываются методы и алгоритмы решения, применимые при моделировании и численном синтезе управления в реальных физико-технических системах колебательной природы. Автор предлагает единый подход к исследованию структуры оптимального управления и к классификации решений по количеству переключений для задачи оптимального управления системой несинхронных осцилляторов со скалярным управлением по

критерию быстродействия. Таким образом тема диссертационного исследования актуальна.

Структура диссертационной работы

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения. Полный объем диссертации составляет 114 страниц с 19 рисунками. Список литературы содержит 80 наименований.

Во введении обоснована актуальность и степень разработанности темы работы, сформулированы цель и задачи исследования, представлены основные результаты работы, определены их научная новизна, теоретическая и практическая значимость.

В первой главе представлено исследование свойств системы несинхронных осцилляторов с ограниченным скалярным управлением. Доказаны сильная достижимость и глобальная управляемость, представлена связь между задачей разгона и остановки. Установлены свойства множества достижимости. Для линейной задачи быстродействия выписано необходимое условие оптимальности в форме принципа максимума Понтрягина. Отдельно рассмотрены вопросы отсутствия особых режимов управления. Для задач остановки и разгона доказана единственность не только оптимального, но и экстремального управления.

Во второй главе найдены новые дополнительные условия невырожденности оптимального управления, которые совместно с условиями принципа максимума Понтрягина позволяют определить моменты переключения в релейном законе оптимального управления и исследовать управления из любого заданного класса переключений. Для перевода осцилляторов в состояние покоя найдены траектории с помощью необходимых условий экстремума и с использованием итерационного алгоритма Нейштадта–Итона для поиска начального значения сопряженного вектора. Проведено сравнение полученных классификаций траекторий на основе количества переключений релейного управления, и установлено их совпадение. Установлены зависимости между переменными и параметрами задачи в классе двух переключений для двух осцилляторов.

В третьей главе установлена непрерывная зависимость критерия и длительностей интервалов управления от параметра ограничения на управление и от граничных условий. Теоретические результаты проиллюстрированы численным моделированием.

В заключении сформулированы основные научные и практические результаты, полученные при выполнении диссертационной работы, а также обозначены перспективные направления дальнейших теоретических исследований.

Диссертация написана грамотным языком, соблюдена четкая структура изложения, приведены строгие математические доказательства полученных результатов. Основные результаты по теме диссертации изложены в 14 научных работах. По результатам опубликована одна статья в рецензируемом научном издании по специальности 2.3.1 (физ.-мат.), относящемся к категории К1 Перечня ВАК, 3 работы в журналах, индексируемых в международных базах данных и

приравненных к журналам Перечня ВАК категории К1, 9 работ в материалах международных и всероссийских конференций и одна публикация в прочих изданиях

Содержание автореферата полностью соответствует содержанию диссертации.

Основные положения диссертационного исследования

В диссертационной работе получены следующие результаты, обладающие научной новизной:

1. Свойства сильной достижимости и глобальной управляемости системы несинхронных осцилляторов с ограниченным скалярным управлением.
2. Метод решения задачи быстродействия системой несинхронных осцилляторов, базирующийся на необходимых условиях экстремума для любого заданного количества неизвестных моментов переключения оптимального управления.
3. Непрерывная зависимость критерия и длительностей интервалов управления от параметра ограничения на управление и от граничных условий в задаче оптимального по быстродействию управления системой несинхронных осцилляторов.

Соответствие паспорту специальности

Научные результаты диссертационной работы соответствуют паспорту специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика» по следующим пунктам:

1. Теоретические основы и методы системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта.
3. Разработка критериев и моделей описания и оценки эффективности решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта.
4. Разработка методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта.

Теоретическая значимость и практическая значимость

Диссертационное исследование направлено на развитие теории и методов решения задач оптимального управления линейными системами, содержащими колебательные подсистемы, с ограниченным управлением, размерность которого меньше размерности пространства состояний системы. Полученные результаты могут быть использованы для численного синтеза управления в широком классе технических систем, в частности, для вибрационных машин и установок со сложной нелинейной динамикой. В окрестности рабочих режимов такие модели после линеаризации часто сводятся к системе осцилляторов с единственным ограниченным входом, что позволяет применять полученные результаты.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Результаты диссертационного исследования можно рекомендовать для улучшения имеющихся решений задач с дефицитом ресурса управления в случае, когда

размерность вектора управления меньше размерности пространства состояний физической системы, а также для расширения их применения на широкий класс сложных технических систем. Полученные результаты можно использовать в образовательном процессе по направлениям подготовки «Прикладная математика».

Замечания по диссертационной работе

1. Формулировка леммы 11 диссертации содержит избыточное условие (2.66), поскольку уже есть ссылка на (2.59);
2. Подраздел 2.2 о классе двух переключений следовало бы отнести в приложение.

Сделанные замечания не влияют на значимость работы. Общая оценка работы является положительной.

Заключение

Диссертационная работа Берлина Л.М. является законченной научно-квалификационной работой, в которой поставлены и решены актуальные задачи. Цель диссертационного исследования достигнута, результаты имеют высокую теоретическую и практическую значимость.

Исходя из вышеизложенного, диссертационная работа Берлина Л.М. соответствует паспорту специальности 2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика» и соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Берлин Л.М. заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Отзыв ведущей организации обсужден и одобрен на научном семинаре Исследовательского центра процессов управления, от 23 апреля 2026 г.

Руководитель Исследовательского
центра процессов управления
ИПС им. А.К. Айламазяна РАН,
доктор физико-математических наук

Сачков

Сачков Юрий Леонидович

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт программных систем им. А.К. Айламазяна Российской академии наук»

Исследовательский центр процессов управления

Адрес: 152021, Ярославская область, Переславский район, с. Веськово, ул. Петра Первого, д.4 «а».

Официальный сайт: <http://www.psi-ras.ru/>

Телефон: (4852) 695-228

E-mail: psi@botik.ru

Личную подпись Сачкова Ю.Л. заверяю:

начальник отдела кадров



Игнатьева Е.Л.