

**Отзыв официального оппонента  
кандидата физико-математических наук  
Румянцева Дмитрия Станиславовича**

на диссертационную работу Коноваловой Анны Александровны на тему «Достаточные условия оптимальности управления дискретными системами автоматного типа», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.01 - «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)» в диссертационный совет Д 212.125.04 и выполненную на кафедре вычислительной математики и программирования Московского авиационного института (национального исследовательского университета).

Диссертационная работа Коноваловой Анны Александровны посвящена изучению свойств задач оптимального управления дискретными системами автоматного типа, а также разработке алгоритмов поиска решений указанного класса задач и их применения в актуальных приложениях авиационной и ракетно-космической техники.

#### **АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Работа продолжает исследования в области задач оптимального управления системами автоматного типа. Предполагается, что динамическая система может переходить в другое состояние в моменты времени, определяемые критерием качества управления и ограниченным количеством переключений. Действительно, на практике зачастую не требуется постоянное управление объектом, а достаточно перевести его в другой режим работы, подав в нужный момент один или несколько управляющих сигналов. Подобные ситуации характерны для сложных многокомпонентных иерархических систем. В работе созданы условия оптимальности для управления подобными системами. В то же время при реализации оптимального управления возможны мгновенные многократные переключения состояния системы, которые технически не осуществимы. В результате можно получить траектории, далёкие от оптимальных, что приходится учитывать в прикладных задачах. Именно поэтому тема рассматриваемой диссертационной работы, а также результаты, полученные в ходе диссертационного исследования, представляются весьма актуальными.

#### **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Во введении дано обоснование актуальности диссертации, а также представлены цели и задачи работы.

В первой главе поставлена и решена задача оптимального программного и оптимального управления с обратной связью дискретной системой автоматного типа (САТ), кусочно-постоянные траектории которой имеют произвольное конечное или заданное максимально допустимое количество точек разрыва. Критерий качества управления учитывает затраты на переключения системы. Получены конструктивные достаточные условия оптимальности. Разработан алгоритм синтеза оптимального управления с обратной связью. Приведено решение нескольких модельных примеров, демонстрирующих достоверность полученных результатов.

Во второй главе получены достаточные условия оптимальности процесса управления и оптимальности управления с обратной связью при мгновенных многократных переключениях САТ. Затраты на переключения системы заложены в критерий качества управления. Обосновано существование решения поставленных задач в случае заданного



максимального числа переключений. Показана применимость алгоритма синтеза оптимального управления в системах с однократными переключениями к решению задач с мгновенными многократными переключениями.

В третьей главе исследованы различные схемы вывода искусственного спутника Земли на геостационарную орбиту (ГСО) с точки зрения минимального расхода топлива, моментов запуска и останова двигательной установки и предельного количества её включения в течение суток. Для синтеза управления использованы необходимые условия оптимальности для задачи конечномерной оптимизации динамической системой с автоматной частью. Рассчитаны параметры переходных орбит, отклонения конечной орбиты от ГСО. Проведен сравнительный анализ полученных результатов с эталонной схемой, используемой для вывода спутника на практике.

В заключении подведены основные итоги работы в области управления дискретными системами автоматного типа с однократными и мгновенными многократными переключениями состояния системы.

## НОВИЗНА ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Научная новизна работы состоит в использовании условных функций цены для синтеза оптимального управления дискретными САТ с однократными или мгновенными многократными переключениями. Условные функции цены позволяют учесть ограничения на количество переключений состояния системы. С использованием предложенных конструкций доказаны достаточные условия оптимальности, на основе которых разработан алгоритм синтеза оптимальных САТ с однократными или мгновенными многократными переключениями. Полученные результаты являются новыми.

## СТЕПЕНЬ ДОСТОВЕРНОСТИ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Главные результаты работы для нового класса систем управления – систем автоматного типа – основаны на многократно апробированных достаточных условиях оптимальности типа Кротова В.Ф., Гурмана В.И. Все утверждения (теоремы, леммы) приведены подробно и логически обоснованы. Полученные результаты снабжены содержательными комментариями. Теоретические результаты и правильность созданных алгоритмов подтверждены решениями нескольких конкретных прикладных задач оптимального управления. Полученные автором результаты прошли апробацию на международных конференциях и научных семинарах.

## ОБЩАЯ ОЦЕНКА ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Диссертационная работа состоит из введения, трёх глав, заключения и списка использованной литературы (124 позиции). Общий объем диссертации — 145 страниц.

Диссертационная работа выполнена на актуальную тему. Материал диссертационной работы в рамках поставленной задачи изложен логично и аргументированно.

Автореферат диссертационной работы и публикации автора достаточно полно отражают содержание диссертационной работы и соответствуют требованиям ВАК.

Диссертация по своему направлению соответствует специальности 05.13.01 — системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая



техника), поскольку все основные составляющие паспорта специальности в достаточной степени отражены в тексте диссертации. По теме диссертации имеется 9 публикаций, из которых 4 публикации напечатаны в изданиях, входящих в список ВАК.

## ЗАМЕЧАНИЯ ПО ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЕ

1. В работе в качестве примеров рассматриваются только одномерные задачи синтеза оптимального управления САТ, тогда как теория позволяет находить управление для многомерных систем.
2. Автор даёт оценку вычислительных возможностей ЭВМ для выполнения расчётов. Становится ясно, что даже на одномерной задаче на небольшом интервале времени требуется большое количество памяти для выполнения вычислений. Автор не указывает, каким образом можно было бы попытаться упростить процесс вычислений.
3. В задаче о выводе спутника на геостационарную орбиту не понятно, стоит ли применять её решение для управления или нет, поскольку выигрыш составляет всего 0,3% от схемы, используемой на практике.
4. В работе не указаны пути дальнейших исследований, в то время как остался не решённым, например, вопрос автоматизации вычислений.

Отмеченные замечания не носят принципиального характера и не снижают общее положительное впечатление о ней.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертационная работа Коноваловой Анны Александровны представляет собой законченное научное исследование содержащее решение актуальной задачи, характеризующееся теоретической новизной и практической полезностью. Диссертационная работа содержит достаточное количество теоретических результатов, имеет пояснения, рисунки, примеры, написана квалифицированно и аккуратно оформлена. Основные результаты и выводы представлены в автореферате.

Диссертационная работа Коноваловой Анны Александровны «Достаточные условия оптимальности управления дискретными системами автоматного типа» соответствует требованиям ВАК России, а её автор, Коновалова Анна Александровна, заслуживает присуждения ей учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.01 Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника).

кандидат физико-математических наук,  
старший научный сотрудник Лаборатории-45  
ФГБУ Институт проблем управления РАН  
им. В.А. Трапезникова

Румянцев Д.С.

117997, Москва  
ул.Профсоюзная, д.65  
Тел.: (495)334-89-10  
e-mail: snv@ipu.ru

