

«Утверждаю»

Директор ФГУН «Институт программных систем им.

А. К. Айламазяна РАН»

С. М. Абрамов

д.ф.-м.н.

С. М. Абрамов

марта 2017 г.

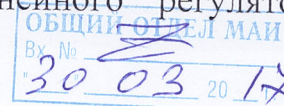


ОТЗЫВ

Ведущей организации на диссертацию Царькова Кирилла Александровича на тему «Математическое моделирование и оптимизация квазилинейных динамических стохастических систем диффузионного типа, нелинейных по управлению», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)».

Диссертация Царькова К. А. посвящена разработке аналитических и численных методов решения задач поиска оптимального управления динамическими стохастическими системами диффузионного типа. В работе рассматриваются два класса таких систем: нелинейные по управлению, но линейные по состоянию системы, для которых ищется оптимальное программное управление (такие системы автор предлагает называть квазилинейными системами, нелинейными по управлению), и линейные по управлению и состоянию системы с мультипликативными возмущениями, для которых конструируется оптимальный линейный регулятор в условиях неполноты информации о состоянии (называемые автором обыкновенными квазилинейными системами). Обе рассматриваемые проблемы изучены в отечественной и зарубежной литературе не достаточно полно и имеют при этом конкретные практические приложения, подробно описанные во введении к диссертационной работе. Поэтому можно сделать вывод о безусловной **актуальности** темы исследования.

Необходимо отметить удачное решение автора по объединению двух рассматриваемых в работе проблем, благодаря которому результаты, полученные для задачи синтеза оптимального линейного регулятора



с информационными ограничениями в обыкновенной квазилинейной системе, удастся сформулировать в виде простого следствия более общих результатов для задачи поиска оптимального управления квазилинейной системой, нелинейной по управлению.

Таким образом, **основным результатом** диссертационной работы следует считать необходимые условия оптимальности и численные методы поиска оптимального управления квазилинейными динамическими стохастическими системами, нелинейными по управлению.

Диссертация изложена на 118 страницах, состоит из введения, пяти глав, заключения, перечня сокращений и условных обозначений и списка используемой литературы.

Во введении сформулирована цель работы, аргументирована её актуальность, научная новизна и в особенности практическая ценность, проведен обзор известных результатов в данной области научных исследований и смежных с ней областях. Дано краткое описание используемых в работе методов и подходов.

В первой главе приводятся используемые в диссертации результаты работ научного руководителя, М. М. Хрусталева, конкретизированные для рассматриваемых в диссертации проблем. На их основе формулируется основная концепция получения новых результатов.

Вторая глава посвящена задаче поиска оптимального программного управления квазилинейными стохастическими системами, нелинейными по управлению. Глава содержит основные полученные в диссертации теоретические результаты. Сформулированы и доказаны две ключевые теоремы, позволяющие записать как аналитические соотношения для поиска оптимального управления, так и численный алгоритм градиентного типа.

В последнем разделе главы рассмотрен модельный пример, демонстрирующий отличительные особенности полученных результатов уже в простейшем скалярном случае. Решение примера сопровождается любопытным иллюстративным материалом по работе численного метода.

В третьей главе рассмотрена задача синтеза оптимального линейного регулятора для обыкновенной квазилинейной системы при неполной информации о состоянии. Необходимые условия оптимальности и численный метод сформулированы в виде следствия из результатов, полученных во второй главе.

Оригинальным является изначальное предположение автора о том, что искомая оптимальная стратегия управления имеет вид линейного регулятора, дающее возможность рассматривать эту задачу в контексте уже имеющихся результатов для нелинейных по управлению квазилинейных систем.

В четвертой главе в приложении к рассматриваемым в работе проблемам изучается практически значимый вопрос построения оптимального управления в заранее заданном классе функций. В качестве такого класса рассматривается множество полиномов с действительными коэффициентами заданной степени. В этом случае задача поиска оптимального управления сводится к задаче поиска оптимальных значений коэффициентов полиномов, т.е. осуществляется переход к конечномерной оптимизационной задаче. Важным вопросом в такой ситуации становится оценка близости найденного управления к оптимальному, найденному без ограничения класса функций. Примеры такой оценки также приведены в работе.

В пятой главе описывается комплекс программ, разработанный на основе численных методов градиентного типа, сформулированных в диссертации. Коротко описывается его функциональное назначение и логическая структура. Затем использование полученных в работе результатов демонстрируется на двух прикладных задачах. В качестве первой задачи рассматривается задача стабилизации двухзвенного механического манипулятора (рука робота) в условиях информационных ограничений и случайных внешних воздействий. В качестве второй задачи выступает задача оптимального управления спутником с балкой гравитационной стабилизации. Обе задачи подробно изложены и являются нетривиальными.

В заключении подведены основные итоги диссертационной работы, сформулированы результаты, представляемые к защите.

Материал хорошо иллюстрирован, пояснения к рисункам понятны.

Все результаты по необходимым условиям оптимальности и численным методам носят конструктивный характер. Доказательства теорем и других утверждений не вызывают сомнений в их строгости. Следовательно, можно сделать вывод о **достоверности результатов** диссертационной работы.

Практическая значимость диссертации подробно обоснована автором и состоит в том, что ее теоретические результаты могут служить для разработки программно-алгоритмического обеспечения в областях авиационной и ракетно-космической техники для решения прикладных задач управления техническими системами при наличии мультипликативных возмущений и ошибок реализации управления.

На основании изложенного материала можно констатировать следующие пункты, характеризующие **научную новизну** результатов:

1. Получены необходимые условия оптимальности, разработаны численный метод и программное обеспечение для решения задач

оптимизации стратегий управления квазилинейными динамическими стохастическими системами с информационными ограничениями.

2. Получены необходимые условия оптимальности, разработаны численный метод и программное обеспечение для решения задач оптимизации квазилинейных динамических стохастических систем, нелинейных по управлению.

3. Получены необходимые условия оптимальности и численные методы для поиска оптимального управления в указанных задачах среди функций из заранее заданного класса полиномиальных по времени функций.

Рекомендации по использованию результатов диссертации:

Результаты диссертации могут быть использованы для решения практических задач оптимизации из технической и экономической сфер, в которых важен учет случайных возмущений, действующих на объект управления, а также при управлении большими системами.

Результаты могут быть использованы в Институте программных систем им. А. К. Айламазяна РАН, Институте проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН, ФГУП «Государственном научно-исследовательском институте авиационных систем», а также в других организациях и учебных заведениях, занимающихся вопросами теории оптимизации сложных систем.

Работа выполнена на высоком профессиональном уровне.

Замечания по работе:

1. Терминология, используемая автором, не совсем понятна. Системы, которые автор предлагает называть обыкновенными квазилинейными системами, именуются в литературе линейными системами с мультипликативными возмущениями (это отмечает и сам автор во введении к работе), а термин «квазилинейные системы, нелинейные по управлению» выглядит крайне громоздко и несколько противоречиво.

2. Модельный пример, приведенный в главе 2, чересчур тривиален. Ответ на него можно получить, пользуясь основными соотношениями классического вариационного исчисления. Хотелось бы видеть в качестве примера использования основных новых результатов диссертационной работы более интересную задачу.

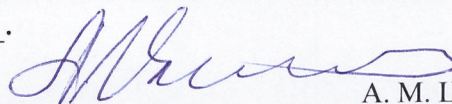
Сделанные замечания не снижают общее положительное впечатление о работе. Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на хорошем математическом уровне. Автор диссертации является соавтором 4 статей, опубликованных в

журналах из списка научных журналов, рекомендованных ВАК. Основные положения, выносимые на защиту, полностью отражены в публикациях. Автореферат соответствует содержанию текста диссертации.

Диссертация удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а ее автор, Царьков Кирилл Александрович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)».

Отзыв обсужден и одобрен на семинаре Исследовательского центра Системного анализа Института программных систем им. А. К. Айламазяна РАН 23 марта 2017 года, протокол №_50__.

Г.н.с. центра Системного анализа ИПС РАН
д.т.н., профессор



А. М. Цирлин

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт программных систем им. А. К. Айламазяна РАН».

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

Телефон: 8 (4852) 695-228

E-mail: psi@botik.ru