

«Утверждаю»

Директор ФГБУН «Институт программных систем им. А. К. Айламазяна РАН»



ул. - корп. РАН, д.ф.-м.н.

С. М. Абрамов

2016 г.

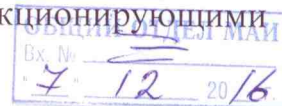
ОТЗЫВ

Ведущей организации на диссертацию Халиной Анастасии Сергеевны по теме «Оптимизация линейных и квазилинейных диффузионных стохастических систем, функционирующих на неограниченном интервале времени, при неполной информации о состоянии», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)»

Диссертация Халиной А. С. посвящена исследованию линейных и квазилинейных стохастических систем диффузионного типа. В реальной ситуации часто невозможно получить полную информацию о динамике управляемого объекта и случайных факторах, действующих на него. Поэтому в теории управления стали развиваться направления, связанные с решением задач в условиях неопределенности, в частности управление стохастическими системами. В работе Халиной А. С. рассматривается задача оптимизации квазилинейной системы, характерной особенностью которой является линейная зависимость коэффициентов диффузии от переменных состояния и управлений. В частности это задача оптимизации линейного регулятора неполной обратной связи, важная для приложений, но почти не исследованная в таких системах. Поэтому тема исследований, безусловно, является **актуальной**.

Диссертация изложена на 101 странице, состоит из введения, четырех глав, заключения, перечня сокращений и условных обозначений и списка используемой литературы.

Основным результатом диссертационной работы следует считать разработку методов синтеза оптимальных стратегий управления стохастическими квазилинейными системами, функционирующими на



неограниченном интервале времени, в случае измерения части компонент вектора состояния.

Во введении сформулирована цель работы, аргументирована её научная новизна и практическая ценность, проведен обзор известных методов оптимизации систем управления с учетом доступности информации об объекте управления. А также дано описание метода функций Ляпунова-Лагранжа, используемого для решения поставленных задач.

В первой главе приводятся используемые результаты из работ Хрусталева М. М., адаптированные для рассматриваемых в диссертации задач.

Вторая глава посвящена задаче синтеза оптимальных регуляторов линейных стохастических систем при неполной информации о состоянии. Получены и доказаны необходимые условия оптимальности линейного регулятора в указанной задаче.

Введено новое понятие вполне возмущаемости системы и получен критерий наличия этого свойства, гарантирующего невырожденность предельной (при $t \rightarrow \infty$) матрицы ковариаций.

С использованием этого критерия системы анализируется случай неединственности оптимального регулятора, когда свойство вполне возмущаемости отсутствует. Это очень интересное исследование, отсутствующее в других работах даже в случае полной информации о состоянии.

В третьей главе рассмотрены квазилинейные диффузионные стохастические системы. Получены и доказаны необходимые условия оптимальности квазилинейной стохастической системы, функционирующей на неограниченном интервале времени, матрицы которой, в общем случае нелинейно, зависят от подлежащего выбору векторного параметра, – задаче оптимизации облика системы. Выполнена конкретизация полученных необходимых условий для управляемой по выходу стохастической системы, системы обладающей свойством симметрии и системы с ПИД-регулятором.

Оригинальным является предложение автора, дающее возможность рассматривать случай нелинейной зависимости матриц системы от оптимизируемого векторного параметра. Когда параметр фиксирован, исследуемая система становится известной квазилинейной системой и к ней применим имеющийся для таких систем математический аппарат, который и используется наряду с новым, разработанным в диссертации.

Причем для систем управляемых по выходу дано четкое определение симметричной системы, для которой оптимальный регулятор не имеет смещения. В большинстве известных работ других авторов сразу

рассматриваются частные случаи симметричных систем и регулятор ищется в линейном виде без смещения.

Разработаны вычислительные алгоритмы синтеза оптимальной стратегии управления в задачах оптимизации линейной стохастической системы, облика системы и квазилинейной управляемой по выходу стохастической системы.

Решена прикладная задача оптимальной стабилизации движения беспилотного летательного аппарата в неспокойной атмосфере. На этом примере наглядно показано, что учет стохастичности при синтезе стратегии управления позволяет существенно улучшить качество переходных процессов.

Следует сказать о формально-математической компоненте работы. Все доказательства теорем и других утверждений не вызывают сомнений в их строгости. Многие из них далеко не тривиальны.

Очень оригинально доказательство неотрицательности матрицы M , играющей роль матричного множителя Лагранжа, в лемме 3.3. Для того чтобы это доказать конструируется специальная квазилинейная стохастическая система, которой нет в исходной постановке задачи. Для этой системы матрица M является предельной (при $t \rightarrow \infty$) ковариационной матрицей. И используется тот факт, что ковариационная матрица всегда неотрицательна.

В четвертой главе получены условия второго порядка в задаче оптимизации квазилинейных стохастических систем.

В заключении подведены основные итоги диссертационной работы, сформулированы результаты, представляемые к защите. А также обозначены направления, в которых могут быть продолжены исследования.

Материал хорошо иллюстрирован, пояснения к рисункам понятны.

Все результаты по необходимым условиям оптимальности как линейных, так и квазилинейных систем, носят конструктивный характер. Указаны способы нахождения оптимального регулятора. Для использованных в условиях оптимальности матричных уравнений доказаны соответствующие теоремы существования решений. Следовательно, можно сделать вывод о **достоверности результатов** диссертационной работы.

Практическая значимость диссертации 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 линейного регулятора в задаче оптимизации линейной стохастической системы и оптимальности векторного параметра в задаче оптимизации облика квазилинейной стохастической системы.

2. Получены достаточные условия стабильности квазилинейной стохастической системы, функционирующей на неограниченном интервале времени.

3. Получены условия второго порядка в задаче оптимизации облика квазилинейных стохастических систем.

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.

Предлагаемая работа выполнена на высоком профессиональном уровне.

Замечания по работе:

1. Необходимые условия для линейной стохастической системы при неполной информации о состоянии содержат информационную матрицу. Условия же оптимальности квазилинейной системы, управляемой по выходу, записаны без ее использования. В диссертации не указана связь между двумя формами записи необходимых условий в случае линейной системы.

2. В задаче оптимизации квазилинейной стохастической системы имеется ограничение – система должна быть устойчивой по Параеву. Однако в численном методе градиентного типа это ограничение никак не учитывается. Не может ли случиться, что градиент будет направлен в сторону неустойчивости?

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 3 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, Халина Анастасия Сергеевна, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)».

Диссертация обсуждена, а отзыв согласован, на семинаре Исследовательского центра Системного анализа Института программных систем им. А. К. Айламазяна РАН 25 ноября 2016 года, протокол №14.

Г.н.с. центра

Системного анализа ИПС РАН

д.т.н., профессор

А. М. Цирлин

Подпись А. М. Цирлина заверяю:

без. специалист по кадрам: Батраева А. К. Цирлина

