

О Т З Ы В

Акционерного общества «Государственный ракетный центр имени академика В.П. Макеева» на автореферат диссертации *Подвильовой Елены Олеговны*, выполненной на тему «*Моделирование состояния подвижных объектов в условиях неопределённости с разработкой численного метода полиэдральной аппроксимации*» и представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Диссертационная работа Подвильовой Елены Олеговны посвящена исследованию вопросов, связанных разработкой методов построения трубок возможных траекторий подвижных объектов и применению этих методов для решения задач гарантированного управления и оценивания.

К необходимости изучения трубок возможных траекторий приводят многие задачи управления сложными техническими системами, например, такими как системы управления летательными аппаратами, системы слежения и обнаружения целей, автоматизированные системы управления технологическими процессами. Одной из основных особенностей таких систем является неопределённость, которая присутствует в процессе их эволюции в пространстве состояний. Эта неопределённость обусловлена ошибками принятой модели, неконтролируемыми возмущениям и ошибками измерений. В связи с этим построение модели гарантированных оценок состояния подвижного объекта имеет большое значение. Это обуславливает актуальность выполненной автором работы.

Автор исследует состояния подвижного объекта в предположении, что статистическая информация о возмущениях и ошибках отсутствует, но они могут принимать произвольные значения из некоторых заданных выпуклых множеств. Такой подход приводит к необходимости решения задачи оценивания в гарантирующей или минимаксной постановке. В этом случае результатом решения является оценка в виде информационного множества, в котором гарантированно находится вектор состояния в каждый момент времени, т.е. трубка возможных траекторий объекта.

Целью исследования диссертационной работы является разработка методов моделирования состояния подвижных объектов, функционирующих в условиях неопределённости, разработка алгоритмов гарантированного оценивания на основе аппроксимации информационных множеств выпуклыми многогранниками и их реализация в виде комплекса программ.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

1. Для линеаризованной модели подвижного объекта разработан метод моделирования гарантированных оценок вектора состояния с учётом дополнительной информации о характере возмущений в виде ограничения на среднее значение и разложения возмущения по системе функций с постоянными неизвестными коэффициентами.

2. Разработан метод моделирования гарантированных оценок возмущений и ошибок на основе неявного задания на некотором временном отрезке вектора состояния подвижного объекта системами линейных уравнений и неравенств, где в качестве переменных выступают вектора состояния, возмущения и ошибок измерений.

3. Разработан алгоритм полиэдральной аппроксимации информационного множества на основе неявного описания информационного множества системами линейных неравенств и уравнений. Оценка информационного множества строится в виде многогранника заданной формы, что позволяет повысить точность оценивания по сравнению с существующими алгоритмами аппроксимации эллипсоидами и параллелепипедами.

4. Разработан программный комплекс для построения гарантированных оценок векторов состояния, возмущения и ошибок методом полиэдральной аппроксимации информационных множеств для подвижных объектов с геометрическими ограничениями. Данный комплекс позволяет на этапе проектирования системы управления подвижным объектом анализировать гарантированные оценки вектора состояния объекта при различных составах и характеристиках измерительных систем и параметрах математической модели движения объекта.

Теоретическая значимость диссертационного исследования заключается в разработке нового подхода к моделированию информационных множеств и их эволюции. Разработанные алгоритмы позволяют получать не

только гарантированные оценки вектора состояния, но и множества прогнозов вектора состояния, что может быть в дальнейшем использовано для разработки адаптивных алгоритмов оценивания и управления.

Практическая значимость заключается в возможности применения разработанных алгоритмов гарантированного оценивания вектора состояния в задачах управления летательными аппаратами, фильтрации в бесплатформенных инерциальных навигационных системах, динамических измерений и др. Вычислительные и натурные эксперименты, проведенные с использованием созданного программного комплекса для моделей различных объектов, показали преимущества разработанных алгоритмов.

Апробация результатов, полученных в диссертационной работе, проведена на международной научно-практической конференции «Измерения: состояние, перспективы развития» (Челябинск, 2012), на XI международной научно-технической конференции «Физика и технические приложения волновых процессов» (Екатеринбург, 2012), на конференции «Актуальные проблемы автоматизации и управления» (Челябинск, 2013), на XVIII «Максеевских чтениях» (Екатеринбург, 2014), на XII Всероссийском совещании по проблемам управления (Москва, 2014), на 14-й международной конференции «Авиация и космонавтика 2015» (Москва, 2015), на международных научно-технических конференциях «The International Conference on Industrial Engineering (ICIE)» (Челябинск, 2015, 2016, 2017, 2020), на международном форуме «Информационные технологии на службе оборонно-промышленного комплекса 2016» (Челябинск, 2016), на всероссийской научной конференции «Математическое моделирование и информационные технологии» (Екатеринбург, 2016).

Из материалов автореферата следует, что автором достаточно строго сформулирована математическая постановка задачи исследований, изучены и корректно используются математический аппарат и теоретические положения других авторов по исследуемому вопросу, результаты вычислительных экспериментов согласуются с модельными примерами. Это подтверждает обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

В качестве замечания необходимо отметить следующее.

В автореферате приведены только результаты качественного сравнения разработанных алгоритмов полиэдральной аппроксимации с алгоритмами других авторов, что не позволяет в полной мере сделать вывод об их эффективности. Указанное замечание не влияет на главные теоретические и практические результаты диссертации.

ВЫВОД.

Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, обеспечивающей решение важных прикладных задач в области управления сложными техническими системами.

Автореферат в полной мере отражает сущность диссертационной работы, по объёму и содержанию соответствует требованиям «Положения...» ВАК России, а его автор Подвилова Елена Олеговна заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании секции НТС №4 АО «ГРЦ Макеева» (протокол №18 от 02.11.2020).

И.о. заместителя генерального
конструктора по проектированию
изделий и комплексов

А.И. Шевцов

Начальник отдела 16

М.С. Голунов

Ведущий специалист

В.Ю. Фрибель

Главный ученый секретарь,
кандидат технических наук



С.Т. Калашников

3.11.2020