

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Шаврина Вячеслава Владимировича на тему «Синтез и исследование алгоритмов фильтрации радионавигационных параметров сигналов СРНС в системе навигации космического аппарата на геостационарной и высокоэллиптической орбитах», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.14 – «Радиолокация и радионавигация».

Актуальность темы работы

Рост числа запусков искусственных спутников Земли ИСЗ, начало освоения ближнего космоса частными компаниями, ожидаемый рост числа малых космических аппаратов создают предпосылки коммерческой эксплуатации спутников. Эффективность эксплуатации ИСЗ в значительной степени зависит от возможности непрерывного решения задачи навигации с необходимой точностью. В настоящее время получение навигационной информации опирается на использование наземных станций, что не позволяет получать навигационные данные непрерывно. Наиболее перспективный путь построения систем автономной навигации ИСЗ, обеспечивающих непрерывное решение задачи с необходимой точностью, основан на использовании сигналов спутниковых радионавигационных систем (СРНС).

При использовании СРНС на борту космических аппаратов отношение мощности принимаемых сигналов СРНС к спектральной плотности шума (C/N_0) может отличаться в меньшую сторону от сигнала на поверхности Земли. Разница может составлять около 20 дБ, что означает необходимость разработки схем слежения за параметрами сигналов СРНС для C/N_0 от 10 до 25 дБ-Гц.

Таким образом, тема диссертационной работы Шаврина В.В., посвященной синтезу следящих систем для сигналов СРНС низкой мощности, является актуальной. Более того, полученные в работе результаты могут быть использованы для навигации не только космических аппаратов, но и для навигации наземных объектов, таких как, например, автономные автомобили. Широкая применимость результатов, полученных автором диссертации, повышает ее актуальность.

Оценка научной новизны

В ходе подготовки работы были получены следующие безусловно новые научные результаты.

1. На основе марковской теории нелинейной фильтрации разработаны алгоритмы оценивания радионавигационных параметров сигналов СРНС при использовании первичных накоплений отсчетов сигналов в качестве входных сигналов нелинейного фильтра в канале слежения
2. Для когерентного режима обработки разработан способ адаптации к неизвестным начальным параметрам сигнала
3. Для некогерентного режима обработки предложен алгоритм оценивания радионавигационных параметров сигналов СРНС

4. Для различных схем построения следящих систем получены статистические характеристики сигналов и процессов в контуре слежения, на основании чего оценены вероятностные характеристики начала и срыва слежения за радионавигационными параметрами сигналов СРНС.

Практическая значимость

Следует констатировать, что полученные результаты в совокупности являются практически значимыми для проектировщиков приёмников СРНС для широкого класса задач: от космического потребителя до наземных, авиационных и морских потребителей. Экспериментальная проверка полученных автором алгоритмов подтверждает не только достоверность полученных результатов, но их практическую значимость.

Степень обоснованности и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Обоснованность научных положений, в первую очередь, подтверждается результатами экспериментов и моделирования. Обоснованность результатов также подтверждена широким использованием научных работ отечественных и зарубежных авторов по теории поиска, обнаружения, фильтрации и оценивания сигналов, представленных в библиографическом списке диссертации, включающем 111 источников (научная литература отечественных и зарубежных авторов, современные публикации в периодических изданиях и электронные ресурсы по теме диссертации).

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, подтверждается обоснованностью вводимых предположений, системностью исследования, использованием современного математического аппарата и, что, пожалуй, является самым существенным - соответствия результатов расчетов и моделирования с данными экспериментов.

Вышесказанное позволяет сделать вывод об обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, и достоверности полученных результатов.

Рекомендации по использованию

Как уже отмечалось, все полученные результаты могут быть востребованы и успешно использованы не только разработчиками бортовой спутниковой аппаратуры для космических аппаратов, но и учеными и инженерами, работающими над созданием приемной спутниковой аппаратуры применительно к другим подвижным объектам.

Оценка диссертационной работы в целом

Полученные в работе результаты являются вкладом в развитие спутниковых навигационных технологий как в теоретической части, так и в области их практического применения.

Автореферат работы адекватно отражает основные положения диссертации.

Все вышеизложенное позволяет констатировать, что диссертация Шаврина В.В. представляет собой научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований решена имеющая важное значение научная задача синтеза алгоритмов слежения за радионавигационными параметрами сигналов СРНС для

навигации космических аппаратов, а также исследования области применимости и характеристик синтезированных алгоритмов слежения.

Замечания

В качестве недостатков работы можно отметить следующие:

1. Введенные автором понятия следящей системы первого и второго типов не являются техническими обоснованными и могут вызвать терминологическую путаницу. Автор корректно указывает, что архитектура приемников может быть разделена на двухэтапную (scalar-based) и одноэтапную (vector-based). Также корректно описаны классическая схема слежения, в которой каждый канал слежения содержит дискриминатор с последующим сглаживающим фильтром, и бездискриминаторная схема, в которой дискриминатор и сглаживающий фильтр заменены (нелинейным) фильтром Калмана. Далее для последней схемы используются в произвольном порядке следующие термины: correlation based KF tracking loop, бездискриминаторная схема, схема слежения с нелинейным фильтром, схема следящей системы «второго типа». Заметим, что в литературе под бездискриминаторной схемой часто подразумевается одноэтапная обработка. Все вышесказанное вызывает проблемы в понимании того, какую задачу решал автор.
2. Несмотря на то, что результаты экспериментов убедительно показали преимущества разработанных алгоритмов и методов по сравнению со стандартными (дискриминаторными) схемами слежения, из материалов диссертации неочевидно, о каком потребителе идет речь в разделе 4.1 диссертации – о высокодинамичном космическом или, например, о статическом наземном.
3. В дальнейшей проработке нуждается вопрос реализации предложенных алгоритмов на борту космических аппаратов, требований на вычислительную мощность процессоров, объем памяти для исполнения программ, и т.п.
4. Допущена некоторая избыточность материала описательного характера. Учитывая общий размер диссертационной работы (более 180 страниц), следовало бы сократить описание известных методов фильтрации.

Несмотря на то, что в целом работа отличается грамотным изложением представляемого материала, можно отметить замечания редакционного характера: использование жаргона, например, «энергетика» в значении «мощность»; использование иностранных названий в графиках без перевода на русский язык, необоснованное использование курсива. Текст диссертации следовало проверить на опечатки: достаточно сказать, что первая фраза работы содержит несогласованные члены предложения («**Навигация** объекта в пространстве с помощью спутниковых радионавигационных систем (СРНС) **востребовано повсеместно**»).

Высказанные замечания не носят принципиального характера и не оказывают значимого влияния на общую положительную оценку диссертационного исследования.

Заключение

Несмотря на перечисленные выше замечания, диссертационная работа Шаврина В.В. «Синтез и исследование алгоритмов фильтрации радионавигационных параметров сигналов СРНС в системе навигации космического аппарата на геостационарной и высокоэллиптической орбитах» представляет собой научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований решена научная задача, имеющая важное значение для развития радионавигации. Работа соответствует специальности 05.12.14 «Радиолокация и радионавигация» (технические науки), полностью отвечает критериям, изложенным в Положении №842 о присуждении ученых степеней, утвержденном постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г., а ее автор, Шаврин Вячеслав Владимирович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.14 «Радиолокация и радионавигация».

Официальный оппонент, профессор
ФГАОУ ВО ГУАП,
доктор технических наук, профессор



Михайлов Виктор Федорович

