

ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидата технических наук
Корнилова Анатолия Викторовича
на диссертацию Купоросовой Елены Серафимовны
на тему «Автономная персональная информационно-измерительная система наземного позиционирования с коррекцией углов наклона по опорной поверхности», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.16 – Информационно-измерительные и управляющие системы (в приборостроении)

На отзыв представлен том рукописи, выполненный в объеме 227 страниц машинописного текста (с приложениями), и типографский вариант автореферата на 17 страницах.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, библиографического списка, включающего в себя 74 наименования, и приложений.

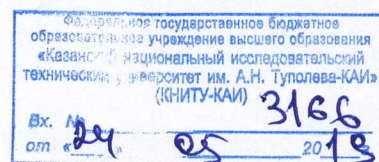
Рассмотрение и анализ представленных материалов позволили сформулировать следующий отзыв на диссертацию.

Актуальность темы диссертационных исследований

Представленная диссертационная работа выполнена на тему, напрямую связанную с проблемами обеспечения безопасности граждан РФ, например, при решении специальных задач силами подразделений министерства обороны или министерства чрезвычайных ситуаций. В таких условиях довольно часто возникает необходимость однозначного и высокоточного позиционирования одного или нескольких подвижных объектов.

Для этой цели широко применяются различные автономные измерительные устройства. С одной стороны, к ним предъявляются достаточно жесткие требования как по надежности, так и по малым массо-габаритным характеристикам и низкой стоимости. С другой, такие устройства должны обеспечивать требуемый уровень показателя назначения: определение необходимых параметров движения объекта в пространстве при различных условиях внешней обстановки.

Включение в состав таких систем инерциальных модулей является основополагающим. Но можно утверждать, что дальнейшее развитие



систем позиционирования подвижных объектов (морских, наземных или воздушных) связано с комплексированием информации, получаемой от инерциальных датчиков, с информацией от устройств, использующих неинерциальный принцип измерения.

Самым распространенным источником информации о местоположении подвижного объекта являются спутниковые системы навигации. Однако, из-за специфики применения (сложный рельеф местности, высотная городская застройка, работа внутри зданий) сигнал от спутниковой навигационной системы (СНС) может быть искажен или потерян.

Поэтому разработка методов, моделей и средств, обеспечивающих повышение точности автономных измерительных устройств без использования сигналов от СНС, является востребованной, а актуальность выбранной темы диссертационных исследований – не подлежащей сомнению.

Содержание работы

Во **введении** определены цель и задача исследования, приведены основные направления решения поставленной задачи, обоснована актуальность работы, констатируются научная новизна и практическая ценность полученных результатов, представлены основные научно-технические решения и положения, выносимые на защиту.

Первая глава диссертации посвящена анализу причин и факторов, определяющих точность определения местоположения с помощью информационно-измерительной системы наземного позиционирования, проанализированы основные направления исследований и пути их решения. На основе выполненного анализа сформированы задачи исследования, определены и сгруппированы основные методы повышения точности информационно-измерительной системы наземного позиционирования, выявлены причины возникновения погрешностей работы системы в процессе эксплуатации.

Завершается глава определением направлений исследований для решения поставленной задачи.

Вторая глава посвящена разработке способа определения углов наклона блока датчиков первичной информации относительно плоскости горизонта без накопления погрешности измерения. Подробный вывод аналитических зависимостей обладает необходимой логичностью, научной

грамотностью и доступностью изложения. Разработаны способ определения углов наклона блока датчиков первичной информации (на который получен патент) и алгоритмы определения углов наклона блока датчиков относительно плоскости горизонта, отличающиеся инвариантностью к высоте движения блока. Наибольший интерес представляют разработанные автором математические модели расстояний до опорной поверхности.

В третьей главе представлен вывод уравнений чувствительности погрешностей определения опорных углов наклона к погрешностям установки дальномеров на блоке датчиков первичной информации. Итогом обработки полученных эмпирических зависимостей является разработка рекомендаций по использованию полученных результатов для алгоритмической компенсации возможных инструментальных погрешностей системы.

В результате проведения полного факторного эксперимента были определены максимальные величины погрешностей для системы с тремя дальномерами и системы с четырьмя дальномерами.

В четвертой главе автором разработаны методы повышения точности работы автономной персональной информационно-измерительной системы наземного позиционирования. Разработана схема комплексной системы угловой ориентации (на основе комплексирования информации от инерциальной и дальномерной системы угловой ориентации), а также алгоритмы обнуления выходов интеграторов и коррекции путевой скорости объекта на приоритетных направлениях, которые позволяют дополнительно повысить точность системы.

В пятой главе представлены материалы выполненных экспериментальных исследований на базе имитационной математической модели. Модель отличается своей сложностью, универсальностью, дискретностью.

Положительным моментом данной части работы является использование при построении модели движения наземного подвижного объекта числовых значений параметров углового и поступательного продольного и бокового движений, полученных в результате статистической обработки массивов экспериментальных данных.

В приложении приведены результаты оценки функционирования пешеходной навигационной системы зарубежного производства, кинематические схемы и системы координат, листинги программ,

структурные схемы имитационной математической модели и акт внедрения результатов работы.

Достоверность и научная новизна полученных результатов

Научная новизна рассматриваемой диссертационной работы заключается в разработке нового способа и алгоритма определения углов наклона блока датчиков первичной информации относительно как опорной плоскости, так и плоскости горизонта. Полученные аналитические выражения для схемы с тремя и четырьмя дальномерами, подтвержденные экспериментально, позволяют определить с достаточной степенью точности углы наклона без накопления погрешности измерения. Разработанная автором имитационная математическая модель автономной персональной информационно-измерительной системы позволяет упростить исследование работы системы в процессе моделирования и оценить ее точность при выполнении натуральных экспериментов.

Обоснованность и достоверность результатов, полученных в диссертации, обеспечивается их соответствием положениям теории инерциальной навигации, теории экспериментального исследования и теории измерений; подтверждаются детальным анализом блоков и подсистем разработанной автором имитационной математической модели, доказавшей свою работоспособность; экспериментальной апробацией предлагаемых научно-технических решений, техническая новизна которых подтверждена патентами на изобретения.

Значимость для науки и практики полученных автором результатов

Практическая значимость диссертации заключается в улучшении определения углов наклона блока датчиков первичной информации с помощью разработанного автором алгоритма коррекции этих углов по опорной поверхности с помощью дальномерных датчиков. Научная и практическая значимость результатов подтверждается тем, что сформулированные автором научные положения и выработанные конкретные рекомендации по применению калибровки в лабораторных условиях методами математического планирования эксперимента уже на данном этапе проходят апробацию в изделиях профильного предприятия (в соответствии с актом внедрения результатов ООО СКБ «Новые Технологии»), и имеют хорошую перспективу для широкого внедрения.

Содержание диссертации, ее завершенность

Текст диссертации изложен на 152 страницах (без приложений). Материал изложен достаточно четко, доступным языком с использованием принятой терминологии; нарушений логики изложения не выявлено. Общее оформление диссертации замечаний не вызывает.

Автореферат диссертации соответствует ее содержанию. Публикации автора содержат 7 наименований, в том числе две публикации в периодических публикациях ВАК и два патента РФ на изобретение.

Замечания по диссертации

1. Наблюдается некоторая сумбурность при изложении материала, не хватает представления в «концентрированном» виде ограничивающих факторов. Так, во введении лишь «вскользь» упоминается о невозможности использования сигналов СНС (при обосновании актуальности темы исследования и при описании объекта исследования). На этом важном ограничивающем факторе целесообразно было бы сделать акцент; возможно, упомянуть в научной задаче исследования. Или, например, идет рассмотрение методов повышения точности алгоритма счисления пути (в частности, ZUPТ), где существенное внимание уделяется вопросу повышения точности при способе закрепления блока ДПИ на обуви подвижного объекта, идет рассмотрение вариантов положения подошвы обуви. Но до этого в разделе 1.1 было заявлено, что в качестве наземного ПО - носителя блока ДПИ может быть человек, выполняющий оперативную работу, служебная собака или робот. Очевидно, что данная сумбурность обусловлена многофакторностью решаемой задачи, но тем не менее, восприятие материала усложняется.

2. В диссертации не хватает списка сокращений и используемых аббревиатур. Данный список мог бы существенно упростить понимание материала, особенно при изучении и анализе блок-схем и структурных схем.

3. Не продемонстрированы результаты измерения точностных характеристик автономной персональной ИИС после компенсации случайных погрешностей с применением фильтра Калмана; вызывает некоторые сомнения величина погрешности инерциальной ИИС без комплексирования (таблица 5.1) с учетом достаточно высоких точностных характеристик применяемого инерциального модуля ADIS16405.

4. Не указано, насколько универсальна разработанная имитационная

математическая модель автономной персональной ИИС? Влияют ли индивидуальные особенности движения подвижного объекта на результаты расчёта? При применении на каких подвижных объектах (человек, собака, робот) ИИС, построенная с применением разработанной имитационной математической модели, будет использоваться наиболее успешно? Имеются ли какие-либо рекомендации по адаптации данной имитационной математической модели для применения ИИС на объекте, имеющем походку человека?

5. Редакционные замечания:

- в разделе 3.4 при перечислении независимых конструктивных параметров установки ДМ на блоке ДПИ в пункте 5) не назван радиус-вектор, положение которого определяется углом ν ;

- непонятно, почему оценка взаимодействия факторов $\Delta\sigma_1$, $\Delta\sigma_3$, равная 0,0037, оказалась выше, чем влияние фактора $\Delta\sigma_3$, оцениваемое коэффициентом 0,02 при оценке погрешностей вычисления опорных углов крена и тангажа. Это ошибка;

- в формулах (4.5) допущена опечатка – вместо постоянных времени T_1 , T_2 записаны символы передаточных функций W_1 , W_2 ;

- используемые термины «двигался нормально», «быстрая ходьба», «обход в замедленном темпе» не обладают необходимой конкретикой; фраза «позволяет сбрасывать погрешность определения скорости» изложена некорректно;

- при изложении материала несколько раз встречается ссылка на литературный источник [74], не соответствующий порядку употребления ссылок в тексте.

Отмеченные замечания не меняют общей положительной оценки представленной на отзыв диссертации.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней

Таким образом, диссертация Купоросовой Елены Серафимовны является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи повышения точности автономной персональной информационно-измерительной системы подвижных объектов наземного позиционирования без использования сигналов от СНС, имеющей существенное значение для решения прикладных задач навигации как в гражданской, так и в специальной сферах применения, и соответствует

требованиям п.9 Положения о присуждении ученых степеней №842 от 24 сентября (с изменениями на 01.10.2018 г.), предъявляемым на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор заслуживает присуждения искомой ученой степени.

Официальный оппонент,
кандидат технических наук,
ведущий инженер тематического отдела ТО-3
ПАО АНПП «ТЕМП-АВИА»
607220, Россия, Нижегородская обл.,
г. Арзамас, ул. Кирова, д.26
+79101226653
E-mail: kornilov_a@inbox.ru



А.В. Корнилов

« 17 » 05 2019 г.

Подпись к.т.н., ведущего инженера тематического отдела ТО-3
А.В. Корнилова подтверждаю

Зел- К.В. Перасимов
специалист по кадрам

