

Отзыв

официального оппонента доктора технических наук, профессора ИВАНОВА Александра Васильевича на диссертацию Чан Ван Туана «Автономный контроль приемников спутниковых навигационных систем для повышения информационной надежности системы управления движением наземного робота», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 - Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления

1. Актуальность темы диссертации.

Точное и безопасное пространственное движение мобильных роботов в процессе функционирования неразрывно связано с достоверностью информации об их пространственных координатах местоположения и параметрах движения. Источником данных о вышеуказанной информации является навигационный комплекс. Как правило, в состав навигационного комплекса входит несколько измерителей, работающих на различных физических принципах, что позволяет обеспечить комплексную обработку информации. Комплексование и оптимизация обработки информации позволяет получить высокие характеристики надежности, точности и целостности навигационных данных. Основу всех современных навигационных комплексов на сегодняшний день составляет аппаратура потребителей (АП), работающая по сигналам спутниковых навигационных систем (СНС). Применение СНС определяет основные достоинства таких навигационных комплексов: неограниченную дальность действия; высокую точность и помехоустойчивость определения координат местоположения и вектора земной скорости; однозначность навигационных определений; независимость точности от времени суток, сезонов года и метеоусловий; неограниченность числа обслуживаемых объектов.

Однако при применении АП сигналов СНС потребитель сталкивается с проблемой связанной с тем, что в произвольный момент времени на точность выходных данных АП СНС существенное влияние оказывают ошибки, возникающие при выполнении процедуры измерений. Данные ошибки обусловлены следующими причинами: возможность кратковременного отсутствия радиосигналов на входе АП СНС из-за затенения приемной антенны; влияние канала распространения на радиосигнал (ионосферные задержки сигнала; тропосферные задержки сигнала); возникновение многолучевости распространения радиосигнала; радиопомехи. В результате измерения оказываются аномальными (искаженными), то есть имеют достаточно большие ошибки в определении пространственных координатах местоположения.

Поэтому тема диссертационной работы Чан В.Т., посвященная разработке и исследованию методов и средств повышения информационной надежности системы управления движением наземного робота при

возникновении недостоверности навигационных данных, является актуальной.

2. Структура и содержание диссертации.

Диссертация состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка использованных источников и приложений. Работа изложена на 160 страницах машинописного текста и содержит 70 рисунков, 14 таблиц, список использованной литературы из 134 наименований, а также 4 приложения на 18 страницах.

Во введении рассмотрена актуальность работы, указаны основные направления исследований в данной области, сформулированы цель и задачи работы, выносимые на защиту положения, их новизна, теоретическая и практическая значимость, сведения об апробации, публикациях и использовании результатов диссертации.

В первой главе рассмотрены основные методы и средства определения положения наземного робота при управлении движением, показаны преимущества и недостатки использования глобальной СНС, определены основные причины возникновения информационных отказов навигационной системы, характерные для наземных роботов, предложена схема системы управления мобильным роботом с автономным контролем приемника СНС. Применительно к управлению движением робота рассмотрено понятие информационной надежности и проведен анализ ее показателей.

Во второй главе произведена разработка модели наземного робота с системой управления на базе приемника СНС и оценка ее соответствия целям разработки. Модель учитывает особенности кинематики робота, динамику его приводов, формирование координат робота спутниковой навигационной системой с выделением той части алгоритма, которая реализуется в приемнике СНС. Методом детерминированного случая проведена проверка разработанной модели наземного робота с системой управления на базе приемника СНС в среде Simulink пакета MatLab.

В третьей главе разработан алгоритм автономного контроля приемника СНС в системе управления наземным роботом, реализующий методы обнаружения неисправностей на основе уравнений соответствия и учитывающий дополнительную информацию о параметрах движения мобильного робота. Проведено сравнительное исследование известного автономного алгоритма обнаружения информационных отказов приемника СНС на основе контроля нарастания в скользящем окне суммы невязок фильтра Калмана, обрабатывающего выходной сигнал приемника СНС и разработанного алгоритма, реализующего методы обнаружения неисправностей на основе уравнений соответствия.

В четвертой главе разработаны способ управления мобильным роботом на основе автономного контроля приемника СНС, обеспечивающий повышение информационной надежности системы управления, и структурная схема системы управления мобильным роботом,

предназначенная для реализации предложенных в работе алгоритмических решений.

Способ реализует выбор режима управления и основан на том, что при целостности навигационных данных, определяемых при автономном контроле приемника СНС, в обратную связь системы управления подаются координаты робота с приемника СНС, а при нарушении целостности навигационных данных, в обратную связь поступают координаты робота, вычисленные по его динамической модели, в которой входными сигналами являются значения управляющих напряжений на двигатели, а выходными – вычисленные координаты робота.

Схема обеспечивает аппаратную безызбыточность системы, минимальные энергопотребление, стоимость и габариты, без снижения ее точности, помехозащищенности и информационной надежности

В заключении сформулированы выводы по исследованиям и результаты работы.

К числу наиболее значимых научных результатов, полученных соискателем, следует отнести:

1. Модель наземного робота с системой управления на базе приемника СНС, позволяющая моделировать возникновение информационных отказов приемников СНС, исследовать алгоритмы обнаружения нарушения целостности навигационных данных и способы повышения информационной надежности системы.

2. Алгоритм автономного контроля приемника СНС в системе управления наземным роботом, учитывающий параметры движения робота и позволяющий определять возникновение информационных отказов, приводящих к нарушению целостности навигационных данных.

3. Способ повышения информационной надежности системы управления, обеспечивающий снижение погрешности движения наземного робота при возникновении информационных отказов приемника СНС, приводящих к нарушению целостности навигационных данных.

Обоснованность научных результатов и выводов, сформулированных в работе, определяется тем, что они получены с использованием теоретически обоснованных и прошедших практическую апробацию методов автоматического управления и оптимальной обработки информации.

3. Теоретическая значимость работы.

Теоретическая значимость диссертационной работы Чан В.Т. заключается в развитии алгоритмов автономного контроля целостности навигационных данных спутниковых навигационных систем при возникновении аномальных измерений, обеспечивающих повышение информационной надежности системы управления движением наземного робота.

4. Практическая значимость работы.

Практическая значимость диссертационной работы Чан В.Т. заключается в комплексе технических решений, позволяющих реализовать их в аппаратурно-безызбыточной системе управления наземным мобильным роботом, с минимальными энергопотреблением, стоимостью и габаритами.

Кроме того, развитие предложенных в работе решений может служить основой для контроля в навигационных системах аппаратных отказов. Определение таких отказов и минимизация их последствий обеспечивает исключение возникновения аварийных ситуаций при эксплуатации наземных роботов

5. Достоверность результатов работы

Достоверность основных результатов и выводов, сформулированных в работе, определяется использованием фундаментальных теоретических положений, справедливость которых доказана ранее и подтверждена на практике, корректным применением методов математического моделирования, теории автоматического управления, методов статистической обработки экспериментальных данных, адекватностью рассмотренных моделей реальным процессам, результатами моделирования в среде Matlab/Simulink.

Выбранные автором методы исследования и математический аппарат корректно применены, разработанные алгоритмы и модели проверены, предложенные технические решения модельно исследованы.

Основные результаты диссертационного исследования опубликованы в 11 печатных работах, в том числе в 2 статьях в российских рецензируемых научных журналах из Перечня, рекомендованного ВАК РФ, в материалах 8 научно-технических конференций, получен патент на полезную модель.

6. Оформление материалов диссертации.

Диссертация написана квалифицированно, литературно-техническим языком, снабжена достаточным количеством иллюстративного материала.

7. Замечания по диссертации.

1. На стр. 28 во втором абзаце, а также в таблице 1.2 указано, что наилучшему геометрическому положению спутников в рабочем созвездии при определении пространственных координат соответствует геометрический фактор меньше единицы ($PDOP < 1$). Следует отметить, что минимальное значение геометрического фактора равно единице и не может быть меньше единицы.

2. Разработанная структурная схема системы управления мобильным роботом в качестве датчика информации использует только СНС, что как указано в работе, обеспечивает аппаратурную безызбыточность системы, минимальные энергопотребление, стоимость и габариты, без снижения ее точности, помехозащищенности и информационной надежности. При этом в работе не поясняется, как в начальный момент времени будет выбираться направление движения робота.

3. В третьей главе не поясняется почему для сравнения результатов работы предложенного алгоритма автономного контроля приемников спутниковых навигационных систем выбран метод контроля на основе фильтра Калмана, хотя существует ряд других решений, имеющих меньшую вычислительную сложность.

4. В выражении (3.8), представляющем систему векторно-матричных дифференциальных уравнений и описывающем математическую модель изменения местоположения робота, расшифровка входящих величин некорректна, правильнее писать не ошибка местоположения, а вектор ошибок, не ошибка ориентации, а вектор ошибок ориентации и так далее. Кроме того, указанное ускорение в связанной системе координат (ССК) в выражении (3.8) отсутствует.

5. Быстродействие сравниваемых алгоритмов контроля приемников СНС определяется, в случае предложенного в работе алгоритма автономного контроля, длительностью интервала за который определяется отличие предполагаемого перемещения робота и изменения навигационных координат, получаемых с приемника СНС, а в случае метода на основе невязок фильтра Калмана – количеством отсчетов в скользящем окне, используемом для анализа сигнала. Для предложенного в работе алгоритма взят интервал 5 секунд, а для метода на основе невязок фильтра Калмана – 20 отсчетов. Почему именно эти значения взяты и как их изменение повлияет на работоспособность алгоритмов не рассмотрено и не исследовано.

6. Есть путаница с обозначениями в формулах и с расшифровкой величин: матрица перехода F обозначена где-то с одним индексом, где-то - с двумя, например, формулы (3.1), (3.2); в выражении (3.1) формирующий шум в модели вектора состояния должен быть с индексом k , а не $(k+1)$; в выражении (3.4) для матрицы оптимальных коэффициентов усиления индексы матрицы наблюдения H обозначены не одинаково; в выражении (3.4) матрица R_{k+1} это не матрица шумов измерений, а матрица дисперсий шумов измерений.

7. В тексте диссертации имеется достаточно большое количество орфографических, пунктуационных ошибок и опечаток. Например, на страницах 12 третий абзац, 19, 21 и 25 последние абзацы и так далее.

Указанные замечания не снижают общей ценности диссертационной работы и не влияют на главные теоретические и практические результаты диссертации. Замечания носят рекомендательный характер и могут быть частично учтены автором при подготовке доклада, представляемого к защите.

Автор работы показал умение ставить и решать задачи, анализировать полученные результаты и грамотно формулировать выводы.

Работа выполнена на достаточно высоком научно-техническом уровне, является законченной научно-исследовательской работой и может быть квалифицирована, как совокупность научно обоснованных технических и технологических решений, внедрение которых, вносит значительный вклад в

ускорение научно-технического прогресса в области разработки элементов и узлов систем управления мобильными роботами.

В автореферате правильно отражено содержание диссертации, в лаконичной форме изложены основные результаты исследования и выводы по работе, представлены корректные авторские оценки научной новизны и практической значимости результатов.

8. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней.

На основе анализа диссертации Чан Ван Туана «Автономный контроль приемников спутниковых навигационных систем для повышения информационной надежности системы управления движением наземного робота» сделаны выводы.

1. Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена научная задача повышения информационной надежности системы управления движением наземного робота при возникновении информационных отказов приемника СНС.

Тема и результаты исследования соответствуют пункту 4 раздела «Области исследований» паспорта специальности 05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления.

2. Диссертация является завершенной научной работой, обладающей внутренним единством, содержит новые научные результаты, нашедшие практическое использование. Полученные соискателем результаты и технические решения строго аргументированы и оценены в сравнении с известными аналогами.

3. Диссертация полностью соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук: п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, а Чан Ван Туана заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по заявленной специальности

Официальный оппонент:
профессор кафедры «Радиотехника»
ФГБОУ ВО «ТГТУ»
доктор технических наук, профессор

« 18 » августа 2022 г.

А.В. Иванов

Подпись Иванова А.В. заверяю.

начальник УНР,

специалист по кадрам

И.Ф. М.С. Катеринине



Сведения об оппоненте:

Иванов Александр Васильевич, доктор технических наук по специальности 20.02.25 - «Военная электроника, аппаратура комплексов военного назначения», профессор кафедры «Радиотехника» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет».