

О Т З Ы В

**официального оппонента доктора технических наук, доцента
Бушуева Сергея Валентиновича
на диссертацию Куриненко Марианны Витальевны
«Интеллектуальная интегрированная навигационная система
с обучением алгоритма стохастической оценки параметров
движения подвижных единиц железнодорожного транспорта
по непериодическим точным измерениям»
на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.9.8. Интеллектуальные транспортные системы**

1. Актуальность темы диссертационного исследования

Актуальность темы исследования Куриненко М.В. не вызывает сомнений потому, что развитие интеллектуальных навигационных систем, объединяющих спутниковые, инерциальные и неинерциальные измерители, является необходимым условием повышения точности и безопасности движения железнодорожного транспорта. Автор увязывает исследование с целями и задачами Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года, указывая на приоритет цифровизации и внедрения интеллектуальных технологий.

В работе обоснована необходимость разработки интеллектуального алгоритма обучения стохастического фильтра Калмана, позволяющего обеспечить высокоточное позиционирование подвижных единиц железнодорожного транспорта (ПЕ ЖДТ) при непериодических поступлениях точных измерений — актуальной задачи при работе в условиях помех, пропадания сигнала ГНСС или воздействия РЭБ.

Таким образом, тема исследования является актуальной, научно и практически значимой, и соответствует современным приоритетам развития транспортной отрасли.

2. Степень обоснованности и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Обоснованность результатов подтверждена:

- корректной постановкой цели и задач;
- детальным анализом отечественных и зарубежных источников;
- строгим математическим аппаратом теории нелинейной и стохастической фильтрации;
- корректным проведением численного моделирования;
- апробацией результатов на многочисленных международных конференциях;
- наличием 46 публикаций, включая статьи в изданиях из перечня ВАК, Scopus и Web of Science.

Достоверность выводов подтверждается соответствием результатов моделирования реальным эксплуатационным требованиям, а также внедрением результатов в программное обеспечение РКП ДИП и использование при выполнении НИР по гранту РФФИ №18-07-00126 А.

3. Научная новизна диссертационного исследования состоит в:

1) разработке полной нелинейной модели вектора состояния интегрированной НС ПЕ ЖДТ, инвариантной к характеру движения ПЕ ЖДТ и виду действующих возмущений;

2) разработке моделей автономных наблюдателей вектора навигационных параметров ПЕ ЖДТ для различных режимов интеллектуальной интеграции НС;

3) синтезе интеллектуальных алгоритмов функционирования НС ПЕ ЖДТ в различных режимах интеграции на основе методов теории стохастической нелинейной фильтрации;

4) разработке интеллектуальных алгоритмов интегрированных НС на основе обучения стохастического фильтра параметров движения путем настройки коэффициента адаптации алгоритма фильтрации по непериодическим точным наблюдениям, вместо традиционной замены вектора состояния оценок на известные измерения.

Новизна подтверждается оригинальностью подхода к адаптации фильтра Калмана и внедрением методов машинного обучения в классическую теорию

навигации. Полученные результаты обладают потенциалом для дальнейшего развития и практического применения.

4. Личный вклад соискателя в результаты исследования

Диссертация Куриненко М.В. представляет самостоятельный научный труд, что подтверждается обсуждением ее отдельных результатов на различных международных конференциях и участием в конкурсе научных исследований, учрежденном Министерством транспорта РФ, с присуждением первого места в номинации «Беспилотные технологии на транспорте».

Личный вклад автора определяется:

- разработкой линейной и нелинейной моделей вектора состояния интегрированной навигационной системы подвижных единиц железнодорожного транспорта и интеллектуальных алгоритмов ее функционирования в различных режимах интеграции на основе методов теории стохастической нелинейной фильтрации;
- проведением компьютерного моделирования;
- численной реализацией разработанных алгоритмов;
- обобщением полученных результатов.

5. Теоретическая и практическая значимость работы

Полученные автором новые научные результаты позволяют:

- 1) обеспечить возможность универсального использования полученных моделей в любых навигационных режимах без потери точности решения задачи навигации за счет традиционных упрощений модели, а также возможность синтеза различных вариантов интеллектуальной интеграции неинерциальных, инерциальных и спутниковых НС, ориентированных на высокоточное решение навигационной задачи ПЕ ЖДТ в условиях интенсивных помех;
- 2) обеспечить возможность наблюдения всех навигационных параметров – как линейных, так и угловых, что существенно повышает точность и устойчивость решения навигационной задачи ПЕ ЖДТ на основе методов

стохастической фильтрации в различных режимах интеллектуальной интеграции НС по сравнению с традиционными схемами текущей оценки параметров движения ПЕ ЖДТ;

3) обеспечить принципиальную возможность строгого решения задачи стохастической оценки полного вектора параметров движения ПЕ ЖДТ в различных режимах интеллектуальной интеграции НС на основе методов теории стохастической фильтрации;

4) существенно повысить точность решения навигационной задачи ПЕ ЖДТ в условиях интенсивных помех измерений за счет использования разработанных навигационных алгоритмов, впервые обучающихся по неперiodическим точным наблюдениям за счет настройки коэффициента адаптации алгоритма фильтрации.

Результаты работы нашли применение в программном обеспечении двунаправленного интерфейсного преобразователя в составе распределенного контролируемого пункта (РКП ДИП), что отражено в соответствующем акте внедрения.

6. Оценка структуры и содержания работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и двух приложений. Работа включает 164 страницы машинного текста, в том числе 35 рисунков, 12 таблиц и 76 формул, список использованных источников содержит 133 наименования.

Диссертационная работа представляет собой логичный законченный научный труд.

Во введении соискателем обоснована актуальность темы исследования, дана общая характеристика проблемы, сформулированы цель и задачи исследования.

В первой главе рассмотрены современные интегрированные навигационные системы, проведен анализ их применения на железнодорожном транспорте, проанализированы методы искусственного интеллекта, применяемые при построении интеллектуальных интегрированных навигационных систем,

показана необходимость разработки интеллектуального алгоритма помехоустойчивого функционирования интегрированных НС, позволяющего принципиально повысить точность определения навигационных параметров при уже существующей технологии изготовления измерительных комплексов НС.

Во второй главе получены обобщенная нелинейная и линеаризованная стохастические модели бесплатформенной инерциальной навигационной системы (БИНС), комплексированной с неинерциальными измерителями, а также нелинейная и линеаризованная модели стохастического наблюдателя параметров состояния БИНС. Данные модели представлены в непрерывной и дискретной формах, что позволяет в дальнейшем построить алгоритмы стохастической оценки параметров движения ПЕ ЖДТ на основе дискретного фильтра Калмана.

В третьей главе рассмотрены общие принципы построения алгоритмов стохастической фильтрации параметров состояния бесплатформенной НС, сформированы уравнения расширенного (обобщенного) фильтра Калмана для рассматриваемой бесплатформенной НС, представлен интеллектуальный алгоритм принятия решений по высокоточной оценке параметров движения ПЕ ЖДТ. Показана актуальность использования алгоритмов машинного обучения, в частности, адаптивной калмановской фильтрации, в задачах высокоточного позиционирования железнодорожных транспортных средств. Представлено аналитическое решение поставленной задачи обучения (адаптации) самого алгоритма оценивания по неперiodическим точным измерениям, позволяющее существенно повысить точность оценивания параметров состояния объекта.

В четвертой главе проведено моделирование полученных уравнений линейного и нелинейного движений ПЕ ЖДТ для иллюстрации корректности и эффективности работы предложенного подхода к синтезу алгоритмов фильтрации с обучением. Полученные при моделировании результаты фильтрации с обучением подтвердили актуальность предложенного метода обучения алгоритма оценивания, т.к. показали существенное увеличение точности определения параметров движения ПЕ ЖДТ, соответствующее современным и перспективным требованиям к точности.

В заключении диссертационной работы представлены основные выводы и результаты исследования.

Текст автореферата соответствует основному содержанию диссертации и включает в себя необходимые структурные элементы.

7. Публикации автора

Соискателем было опубликовано (вместе с соавторами) по теме исследования более 46 статей, включая 11 статей – в журналах, входящих в Перечень ВАК, и 18 статей – в журналах наукометрических баз Web of Science и Scopus. Опубликованные работы достаточно полно отражают содержание представленной диссертации. Имеются ссылки на авторов и источники заимствования.

Разработанные методы и полученные результаты докладывались на научных конференциях различного уровня.

8. Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Диссертация Куриненко М.В. соответствует следующим пунктам паспорта научной специальности 2.9.8. «Интеллектуальные транспортные системы» (технические науки): п. 1 – теоретические основы, методы и алгоритмы интеллектуализации решения прикладных задач управления транспортными системами; п. 6 – средства и методы проектирования математического, информационного и других видов обеспечения интеллектуальных транспортных систем.

9. Замечания по диссертационной работе

По тексту работы имеется ряд вопросов и замечаний:

1. Цель работы следовало бы сформулировать более конкретно относительно роли систем навигации на ПЕ ЖДТ в настоящее время и перспективе.

2. Не до конца раскрыт механизм идентификации неперIODичности измерений навигационной системы и влияние этого на процесс адаптации фильтра.

3. Какие еще методы адаптивной фильтрации можно применить для данной задачи и почему выбор остановился именно на фильтре Калмана?

4. Чем обоснован выбор модели помех измерений в виде белого гауссовского шума? Как повлияют параметры шума на результат работы предлагаемых решений?

5. Чем обоснован выбор траектории движения при экспериментальной оценке нелинейного вектора навигационных параметров подвижных единиц железнодорожного транспорта

6. Почему для экспериментов выбран период обновления 20 секунд? Как повлияет на результаты увеличение или уменьшение этого интервала?

Приведенные замечания не снижают ценности работы для науки и практики.

10. Заключение

Диссертация Куриненко Марианны Витальевны «Интеллектуальная интегрированная навигационная система с обучением алгоритма стохастической оценки параметров движения подвижных единиц железнодорожного транспорта по непериодическим точным измерениям» является самостоятельной, завершенной научно-квалификационной работой, в которой предложено решение навигационной задачи ПЕ ЖДТ с помощью разработанного интеллектуального алгоритма оценки параметров движения объекта.

Анализ содержания диссертации и публикаций по теме позволяет сделать вывод, что диссертационная работа по актуальности избранной темы, характеру рассматриваемых вопросов, поставленных и достигнутых целей и задач, степени и новизне, значению для теории и практики соответствует требованиям пп. 9–14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней».

Диссертация «Интеллектуальная интегрированная навигационная система с обучением алгоритма стохастической оценки параметров движения подвижных единиц железнодорожного транспорта по непериодическим точным измерениям» обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и

положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствует о личном вкладе соискателя в науку. Считаю, что автор, Куриненко Марианна Витальевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.9.8. Интеллектуальные транспортные системы.

Официальный оппонент – доктор технических наук (спец. 2.9.4. Управление процессами перевозок), доцент, проректор по научной работе ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет путей сообщения»



Бушуев Сергей Валентинович

«07» ноября 2025 г.

Я, Бушуев Сергей Валентинович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета.



Бушуев Сергей Валентинович

ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет путей сообщения» (ФГБОУ ВО УрГУПС)

Адрес: 620034, г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, д. 66

Телефон: 8 (343) 221-24-67

Эл. адрес: SBushuev@urps.ru

Подпись



В. В. Кондрашкина

Специалист по кадрам