



ФЕДЕРАЛЬНОЕ КОСМИЧЕСКОЕ АГЕНТСТВО  
**НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР  
АВТОМАТИКИ И ПРИБОРОСТРОЕНИЯ**  
им. академика Н.А. ПИЛЮГИНА  
(ФГУП «НПЦАП»)

Учёному секретарю  
диссертационного совета Д 501.001.22  
Прошкину В. А.

---

ОГРН 1027739552642, ИНН 7728171283

117342, Москва, ул. Введенского, 1.  
Телефон: (495) 535-39-16, факс (495) 334-83-80  
Телетайп: Москва, 112635, 417814, ЗАПАД  
E-mail: info@nrcap.ru

### **ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**

на диссертацию Никитина Ильи Вячеславовича  
**«Задача навигации наземного объекта на основе  
данных БИНС и одометра»,**  
представленную на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук  
по специальности 01.02.01 – «теоретическая механика»

Диссертация И. В. Никитина посвящена исследованию возможных схем построения комплексированной (интегрированной) навигационной системы, включающей в свой состав бесплатформенную инерциальную навигационную систему (БИНС) и датчик пути (одометр), и разработке алгоритмов работы этой системы. Одним из основных свойств автономных (некорректируемых) инерциальных навигационных систем (ИНС) является накопление ошибок навигации со временем, что при продолжительности навигации порядка нескольких часов и более приводит к недопустимо большим погрешностям определения координат и скоростей даже для высокоточных ИНС. Вследствие этого возникает необходимость комплексирования инерциальной информации с какой-либо внешней информацией, в качестве источников которой могут выступать, например, аппаратура спутниковой навигации, прочие радионавигационные системы, астродатчики, одометры, лаги и другие приборы.

Задаче построения алгоритмов коррекции ИНС по внешней информации много лет. Однако, несмотря на существенное количество посвящённых ей публикаций и на значительные успехи в этой области, некоторые вопросы построения корректируемых ИНС до сих пор остаются открытыми. Следует отметить, что построение алгоритмов комплексирования инерциальной и внешней информации является, вообще говоря, нетривиальной проблемой, в ходе решения которой возникают, в частности, вопросы выбора оптимального с той или иной точки зрения состава внешней информации и алгоритма её

комплексирования с инерциальной информацией. В соответствии со сказанным, выбранная И. В. Никитиным тема исследования является, безусловно, актуальной. Важно также подчеркнуть, что интегрированные ИНС рассматриваемого состава (БИНС и одометр) могут быть эффективно использованы при решении практических задач навигации таких объектов, как внутритрубные и железнодорожные дефектоскопы, те или иные колёсные или гусеничные транспортные средства и др. Это лишний раз подтверждает актуальность выбранной темы диссертации.

В первой главе диссертации автор анализирует различные функциональные схемы комплексирования информации ИНС и одометра, рассматривая их с точки зрения механики корректируемых систем, а также вводит идеальные модели инерциального и одометрического счисления. Важным является не встречавшийся ранее в литературе вывод о том, что в рассматриваемой задаче предпочтительнее использовать позиционные, а не скоростные, показания одометра.

Основной в диссертации является вторая глава, в которой автор получает модель фактической работы интегрированной системы. Также получены уравнения ошибок этой системы, которые могут служить важным инструментом исследования её работы.

В третьей главе описан алгоритм реализации схем коррекции в варианте с оцениванием вектора состояния уравнений ошибок системы и в варианте с введением обратных связей. Для задач, допускающих решение в постобработке, разработан алгоритм сглаживания, позволяющий повысить точность решения.

При разработке алгоритмов решения той или иной задачи, имеющей прикладное значение, важным вопросом является практическая апробация и отработка построенных алгоритмов, чему и посвящена четвёртая глава диссертации. Во-первых, автором разработан имитатор, моделирующий движение объекта, оснащённого БИНС и одометром, по некоторой траектории. Во-вторых, автором были проанализированы реальные данные, полученные при движении внутритрубного диагностического снаряда и транспортного средства. Результаты анализа подтвердили эффективность разработанных автором алгоритмов. Такой анализ следует отнести к несомненным достоинствам диссертации.

По тексту диссертации можно сделать следующие замечания.

1. При описании результатов имитации алгоритма было бы целесообразно привести не только графики погрешностей навигации интегрированной системы, но и графики погрешностей БИНС, работающей в автономном режиме. Это позволило бы судить об эффективности одометра как источника дополнительной информации.
2. Интерпретация погрешности показаний одометра  $\Delta s_i^s$  как случайной величины, равномерно распределённой на отрезке  $[0, K]$ , корректна лишь в случае, когда на каждом такте съёма информации с одометра приращение его показаний составляет 1 импульс. Представляется целесообразным уточнение этой модели для общего случая.

Однако перечисленные замечания не являются существенными, могут быть легко устранены и не снижают ценности и значимости результатов работы. Диссертация выполнена на высоком научном уровне и является законченным научным исследованием, в котором получены новые результаты, имеющие как теоретическое, так и практическое значение. Используемая автором техника свидетельствует о богатстве его математического аппарата и показывает, что он владеет методами инерциальной навигации, теоретической механики и механики корректируемых систем на высоком уровне. Важно отметить, что

результаты, представленные автором в диссертации, были ранее представлены на международных конференциях и опубликованы в двух статьях из перечня ВАК при Министерстве образования и науки РФ.

В соответствии со сказанным выше, можно сделать вывод, что диссертация И. В. Никитина «Задача навигации наземного объекта на основе данных БИНС и одометра» удовлетворяет всем требованиям Положения о присуждении учёных степеней ВАК, а её автор заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01 «теоретическая механика».

Старший научный сотрудник ФГУП «НПЦАП»  
кандидат физико-математических наук

 Деревянкин Алексей Викторович

*Подпись А. В. Деревянкина подтверждаю*

Учёный секретарь НТС ФГУП «НПЦАП»  
доктор технических наук, профессор

 Никифоров Виталий Меркурьевич

