

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор АО «Инерциальные  
технологии «Технокомплекса»

Трубухов А.В.



2019 г.

## ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

АО «Инерциальные технологии «Технокомплекса»

на диссертационную работу Лучкиной Татьяны Александровны  
на тему «Алгоритмы автономной информационно-измерительной системы опре-  
деления угловой ориентации, построенной на грубых датчиках», представ-  
ленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности  
05.11.16 – «Информационно-измерительные и управляющие системы  
(в приборостроении)».

**Актуальность темы выполненной работы и её связь с соответствую-  
щими отраслями науки и народного хозяйства.** Развитие современных беспи-  
лотных летательных аппаратов в настоящее время характеризуется расширением  
области применения и ужесточением условий эксплуатации. Это приводит к по-  
вышению требований по точности и надежности при создании высокотехноло-  
гичных информационно-измерительных систем определения параметров движе-  
ния, в том числе параметров угловой ориентации. Одновременные требования  
по низкой стоимости, снижению массогабаритных характеристик и энергопо-  
требления информационно-измерительных систем беспилотных ЛА обуславли-  
вает невозможность использования для систем определения угловой ориентации  
прецизионных гироскопических датчиков. В свою очередь, применение датчиков  
угловой скорости низкого класса точности (микромеханических датчиков) поз-  
волило бы в разы уменьшить габариты разрабатываемых систем, но для обеспе-  
чения точностных характеристик работы подобных устройств необходима частая  
либо постоянная коррекция измерений, которая, как правило, осуществляется с  
использованием внешней информации от спутниковой навигационной системы.  
Особенностью систем глобального позиционирования является их большая уяз-  
вимость к естественным и искусственным помехам. Возникающие при движении  
беспилотного подвижного объекта условия пониженной доступности части  
навигационных спутников приводят к снижению точности системы, построен-  
ной на грубых датчиках.

Эффективное решение задачи обеспечения приемлемой точности автономного режима функционирования подобных информационно-измерительных систем, возможно за счет совершенствования алгоритмов обработки измерительных сигналов и применения методов комплексирования с сигналами различных измерителей параметров геофизических полей Земли, в качестве которых могут быть использованы магнитометры и датчики воздушных сигналов.

На сегодняшний день достаточно широко проработаны общие вопросы разработки навигационных приборов и систем. В тоже время широкой диапазон объектов применения, особенности решаемых задач значительно повышают требования к используемым алгоритмам. Большую актуальность имеет разработка алгоритмов, позволяющих повысить точность автономного функционирования систем, построенных на датчиках с низкими точностными характеристиками.

Таким образом, рассматриваемая в диссертационной работе Лучкиной Т.А. задача разработки алгоритмов повышения точности автономной информационно-измерительной системы определения угловой ориентации, построенной на грубых датчиках, обладает актуальностью и востребована практикой.

### **Научная новизна и обоснованность полученных результатов.**

В диссертации получены новые научные результаты:

- 1) алгоритмы оценки проекций вектора переносной угловой скорости и вектора абсолютного линейного ускорения за счет использования сигналов магнитометров и датчиков воздушных сигналов;
- 2) алгоритм оценки систематической и алгоритм фильтрации случайных аддитивных составляющих инструментальных погрешностей датчиков угловых скоростей, выполняемые в режиме движения объекта;
- 3) алгоритм автономной стендовой калибровки детерминированных аддитивных и мультипликативных составляющих инструментальных погрешностей триады магнитометров и триады акселерометров;
- 4) алгоритм автономной оценки в режиме движения объекта вариаций детерминированной аддитивной составляющей инструментальной погрешности триады магнитометров, вызванных изменением магнитной обстановки;
- 5) алгоритм комплексирования, обеспечивающий компенсацию остаточного дрейфа автономных оценок углов ориентации по показаниям триады датчиков угловых скоростей и уменьшение влияния остаточных случайных погрешностей автономных оценок углов наклона по показаниям триады акселерометров и угла курса по показаниям магнитометров.

**Значимость для науки и производства полученных автором диссертации результатов.** Значимость полученных автором результатов состоит в том, что разработанные алгоритмы повышения точности автономных информационно-измерительных систем определения углов ориентации, построенных на грубых датчиках, внедрены в состав программно-алгоритмического обеспечения пилотажно-навигационного комплекса беспилотного летательного аппарата (производства АО НПО «ОКБ им. М.П. Симонова», г. Казань). Внедрение результатов диссертационной работы подтверждается соответствующим актом о внедрении.

**Достоверность научных положений, результатов и выводов, изложенных в диссертации.**

Достоверность результатов диссертационной работы подтверждается проведенным численным моделированием. Выводы и результаты диссертационной работы согласуются с известными в литературе материалами.

Основные научные и практические результаты диссертационной работы опубликованы в изданиях, входящих в перечень ВАК, и апробированы на ряде конференций.

**Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы.**

Полученные в диссертации научные и практические результаты целесообразно использовать при разработках как резервных, так и основных авиационных информационно-измерительных систем определения угловой ориентации различных типов ЛА.

**Недостатки диссертационной работы.**

По диссертации можно отметить следующие замечания:

- 1) недостаточно полно представлен обзор существующих малогабаритных отечественных и зарубежных навигационных систем;
- 2) в формулах для стендовой калибровки триад датчиков угловых скоростей отсутствуют составляющие ошибки, связанные с чувствительностью к ускорениям и нелинейностью масштабных коэффициентов;
- 3) недостаточно полно рассмотрена модель ошибок датчиков воздушных сигналов;
- 4) в материалах диссертационной работы допущен ряд неточностей и опечаток. Так, допущены неточности в представлении матрицы связи вектора угловой скорости  $\omega$  с вектором значений дифференциалов углов ориентации  $C_{\text{тд}}$  (стр. 38);

при описании уравнений определения проекций вектора абсолютного линейного ускорения (стр. 50) и при определении проекций вектора переносной угловой скорости (стр. 54).

## **Заключение**

Диссертация выполнена на актуальную тему и затрагивает решение важной задачи повышения точности автономного определения угловой ориентации информационно-измерительными системами, построенными на грубых датчиках.

Считаю, что диссертационная работа Лучкиной Татьяны Александровны «Алгоритмы автономной информационно-измерительной системы определения угловой ориентации, построенной на грубых датчиках» содержит совокупность новых научно-обоснованных результатов и положений, выносимых на защиту, является целостным, завершенным научно значимым исследованием, имеющим практическую значимость.

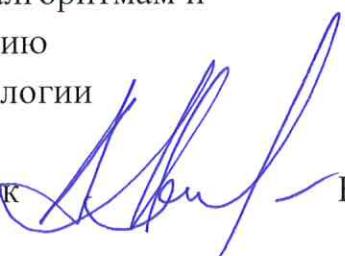
Сделанные по работе замечания не носят принципиального характера и не снижают общей положительной оценки.

Содержание автореферата соответствует содержанию работы.

Диссертация выполнена в соответствии с требованиями «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК РФ и отвечает современным требованиям, предъявляемым к кандидатской диссертации, а её автор Лучкина Татьяна Александровна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.16 - «Информационно-измерительные и управляемые системы (в приборостроении)».

Материалы диссертации и отзыв коллективно обсуждены и одобрены на НТС АО «ИТТ» (протокол НТС АО «ИТТ» №9 от 14.05.19 г.).

Главный конструктор по алгоритмам и  
программному обеспечению  
АО «Инерциальные технологии  
«Технокомплекса»,  
кандидат технических наук



Некрасов Александр Витальевич

(Почтовый адрес:

140108, Московская область,  
Раменское-8, ул. Михалевича, д. 18, а/я 1605.

Телефон: 8-(49646)-3-00-65.  
E-mail: [itt@inertech.ru](mailto:itt@inertech.ru))