

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу **Куршина Андрея Владимировича** на тему: «Комплексирование на подводном аппарате данных инерциальной навигационной системы, магнитометра и глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)».

Актуальность избранной темы диссертационной работы Куршина А.В. обусловлена необходимостью решения практически важной задачи повышения надежности и точности технических средств навигации подводных аппаратов. Данная работа посвящена разработке технологии комплексирования на подводном аппарате данных, полученных от инерциальной навигационной системы, включая блок чувствительных элементов и датчики глубины, а также магнитометра, с данными глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС.

В последние десятилетия повышение точности навигации подводных аппаратов является одной из весьма актуальных проблем развития морской хозяйственной деятельности в Мировом океане. Также данное направление актуально при решении Военно-Морским Флотом Российской Федерации различного рода задач. Требуемые точности навигации подводных аппаратов в настоящее время достигают значений, близких к точности определения координат с помощью глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС. Когда объект навигации находится на поверхности воды, решение задачи определения местоположения осуществляется на основе спутниковой навигации. При погружении навигация подводного аппарата осуществляется с помощью инерциальной навигационной системы (ИНС). Для повышения точности ИНС дополнительно используют магнитометр.

В рассматриваемой диссертационной работе разрабатываются методики и программное обеспечение комплексирования на подводном аппарате данных ИНС, включая блок чувствительных элементов и датчики глубины, а также магнитометра, с данными глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС.

Степень обоснованности и достоверности научных положений и выводов, сформулированных в диссертации, подтверждается:

- корректным использованием апробированных математических методов;
- применением в реальных условиях разработанных алгоритмов и программ и сравнением некоторых результатов с данными, полученными сторонними производителями навигационной аппаратуры.

Полученные автором диссертации основные методические и расчетные результаты прошли апробацию на отечественных и международных научно-технических конференциях.



Таким образом, проведенное исследование, анализ научных положений и сформулированных выводов позволяют считать полученные результаты диссертации достоверными и обоснованными.

Новизна научных положений и выводов, сформулированных в диссертационной работе, заключается в следующем:

1. Разработано методическое и математическое обеспечение решения задачи комплексирования измерений магнитометра с ИНС.
2. Разработаны метод калибровки магнитометра на движущемся подводном аппарате и метод комплексирования измерений магнитометра с ИНС, установленной на аппарате.
3. Разработано методическое и математическое обеспечение решения задачи определения координат подводного аппарата по сигналам ГНСС при кратковременном всплытии.
4. Разработан метод повышения обусловленности навигационной задачи подводного аппарата, находящегося на водной поверхности за счет информации о начальных условиях: координаты точки запуска подводного аппарата, а также высоты над земным эллипсоидом.
5. Разработано алгоритмическое и программное обеспечение для решения задачи вычисления уточненной ЭВИ ГНСС в реальном времени с использованием данных от глобальной беззапросной измерительной сети.

Оценивая содержание диссертации следует отметить, что представленный материал изложен логически верно, последовательно и по существу с доказательством правильности использованных методических подходов и полученных решений сложной актуальной задачи.

Рассматриваемая диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, выводов, списка литературы из 56 наименований литературных источников. Общий объем работы составляет 144 страницы, в том числе 36 рисунков и 11 таблиц.

Во введении (стр.4-11) обоснована актуальность исследования, сформулированы цели и задачи работы, описана ее структура, перечислены основные положения, выносимые на защиту, научная новизна, практическая и теоретическая значимость полученных результатов, а также сформулированы положения, выносимые на защиту.

В первой главе (стр.12-50) приведена модель движения подводного аппарата. На основе представленной модели движения подводного аппарата было разработано программно-математическое обеспечение (ПМО). Данное ПМО моделирует движение подводного аппарата, бортовую навигационную систему и отклонения рулей подводного аппарата. Приведены результаты применения разработанного ПМО.

Во второй главе (стр.51-77) приведена модель ИНС, используемой на подводном аппарате. На основе представленных алгоритмов разработано ПМО

моделирования работы ИНС подводного аппарата. Приведены результаты моделирования с использованием разработанного ПМО.

В третьей главе (стр.78-96) рассмотрена задача комплексирования измерений магнитометра с ИНС. Предложен метод калибровки магнитометра подводного аппарата. Разработан метод комплексирования измерений магнитометра с ИНС. Результаты проведенного эксперимента показали, что комплексирование магнитометра с ИНС позволяет как повысить чувствительность и качество обнаружения магнитных аномалий, так и скомпенсировать ошибки ИНС.

В четвертой главе (стр.97-111) рассмотрена задача навигации подводного аппарата с использованием ГНСС при условии кратковременного всплытия на поверхность. Разработано ПМО определения местоположения подводного аппарата с использованием ИНС и коррекций по измерениям ГНСС. Приведены результаты моделирования, демонстрирующие значительное повышение точности навигации подводного аппарата с применением коррекции ИНС на основе использования ГНСС.

В пятой главе (стр.112-136) приведены результаты решения задачи вычисления уточненной эфемеридно-временной информации (ЭВИ) для повышения точности навигации подводного аппарата с использованием ГНСС. Предложены варианты формирования и схемы передачи уточненной ЭВИ ГНСС для уменьшения времени навигации подводного аппарата. Также была рассмотрена задача вычисления уточненной ЭВИ на основе использования беззапросных измерений от навигационных спутников ГНСС. Было разработано ПМО, предназначенное для сбора, синхронизации и обработке измерений от станций в реальном времени и вычисления уточненной ЭВИ ГНСС. Получено, что применение разработанного ПМО существенно повышает точность навигации подводного аппарата.

В заключении (стр.137) сформулированы основные положения, достигнутые научные и практические результаты.

Практическая значимость работы заключается в следующем:

- 1) разработанная технология комплексирования на подводном аппарате данных, полученных от ИНС, включая блок чувствительных элементов и датчики глубины, а также магнитометра, с данными глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС, обеспечивает повышение качества навигационного обслуживания подводных аппаратов;
- 2) предложен метод повышения обусловленности навигационной задачи подводного аппарата, находящегося на поверхности Мирового океана, что позволяет решать навигационную задачу при недостаточном количестве спутников или на 15-20% повысить точность решения навигационной задачи при достаточном количестве спутников;
- 3) предложены варианты формирования и схемы передачи дифференциальных данных ГНСС для уменьшения времени навигации подводного аппарата, что позволяет за время, не превышающее 5 секунд, подводному аппарату при всплытии определить свое местоположение с точностью менее 1 м (СКО).

Диссертация соответствует комплексному исследованию, охватывающему ряд областей знаний согласно «Паспорта специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)», например пунктов 2, 3, 5, 11 и других.

Замечания

1. При решении задачи уточнения эфемеридно-временной информации была рассмотрена задача уточнения временной составляющей ЭВИ, а задача уточнения эфемерид спутников рассмотрена не была.

2. Недостаточно подробно прописан алгоритм использования модели геоида для повышения обусловленности навигационной задачи.

3. Графики результатов моделирования, приведенные в диссертации и автореферате, следовало представить в более крупном масштабе и четком исполнении.

Приведенные замечания не снижают общего высокого научного уровня и практической значимости диссертации Куршина А.В. и могут быть учтены в дальнейшем при развитии разработанной технологии комплексирования на подводном аппарате данных, полученных от ИНС, магнитометра и ГНСС.

Заключение о соответствии диссертации установленным требованиям

В соответствии с требованиями «Положения о присуждении ученых степеней»:

– полученные результаты диссертационного исследования соответствуют поставленной цели и задачам;

– автореферат диссертации полностью соответствует содержанию диссертации;

– основные результаты диссертации достаточно полно отражены в 3 статьях рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК Минобрнауки России и в 1 публикации в научно-техническом сборнике;

– диссертационная работа тематически и по содержанию соответствует отдельным разделам паспорта специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)».

Диссертационная работа Куршина Андрея Владимировича «Комплексирование на подводном аппарате данных инерциальной навигационной системы, магнитометра и глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС» является завершенным научно-квалификационным исследованием на актуальную тему (навигационное обеспечение подводных аппаратов) и имеет практическую значимость. Новые результаты, полученные автором, позволяют повысить качество навигационного обслуживания подводных аппаратов и обеспечить высокоточную и достоверную навигационную поддержку движения и выполнения подводным аппаратом поставленных задач.

