



МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ КАЗЕННОЕ  
ВОЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОЕННЫЙ УЧЕБНО-НАУЧНЫЙ ЦЕНТР  
ВОЕННО-МОРСКОГО ФЛОТА  
«ВОЕННО-МОРСКАЯ АКАДЕМИЯ  
ИМЕНИ АДМИРАЛА ФЛОТА  
СОВЕТСКОГО СОЮЗА  
Н.Г. КУЗНЕЦОВА»

«28» ноября 2016 г.

№ 003/020/021/44

197045, г. Санкт-Петербург,  
Ушаковская набережная, 17/1,  
тел. 431-94-00, факс 496-16-18  
E-mail: vunc-vmf@mil.ru.

Председателю диссертационного совета  
Д212.125.12  
В.В.МАЛЫШЕВУ

125993, г. Москва,  
Волоколамское шоссе, 4, А-80, ГСП-3  
«Московский авиационный институт  
(национальный исследовательский  
университет)»

Направляю Вам отзыв ведущей организации на диссертацию и автореферат Куршина Андрея Владимировича, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 - «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)».

Приложения:

1. Отзыв ведущей организации..., экз. № 1, 2 на 8 листах каждый;
2. Сведения о ведущей организации, экз. № 1 на 4 листах;
3. Диссертация Куршина А.В., 1 экземпляр;
4. Автореферат диссертации Куршина А.В., 1 экземпляр.

Заместитель начальника ВУНЦ ВМФ  
«Военно-морская академия»  
по учебной и научной работе

А.Карпов





Проблема повышения точности навигации подводных аппаратов является **одной из весьма актуальных проблем** развития морской хозяйственной деятельности в Мировом океане для обеспечения, как надводного, так и подводного транспорта, а также при решении различного рода задач, поставленных перед Военно-Морским Флотом Российской Федерации. Необходимо отметить, что в связи с возрастанием сложности и важности решаемых подводными аппаратами задач возрастают и требования к точности его навигации под водой и доведения её до значений, близких к точности определения местоположения с помощью глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС. Когда объект навигации находится на поверхности воды, решение задачи определения координат обеспечивается с помощью приемников спутниковой навигации. При погружении навигация подводного аппарата осуществляется с помощью бесплатформенной инерциальной навигационной системы (ИНС). Для повышения точности ИНС в ее состав включают блок чувствительных элементов и датчики глубины, а также дополнительно используют магнитометр.

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

В диссертационной работе поставлены и решены следующие научные задачи:

1. Разработано методическое и математическое обеспечение решения задачи комплексирования измерений магнитометра с инерциальной навигационной системы.

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 (ГЛОНАСС, GPS, Galileo, BeiDou) 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 информации (ЭВИ) ГНСС в реальном времени с использованием данных от глобальной беззапросной измерительной сети.

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

Во введении обоснована актуальность исследования, сформулированы цели, задачи, объект и методы исследований, приведены основные положения, выносимые на защиту, рассмотрена научная новизна, практическая и теоретическая значимость полученных результатов, сформулированы положения, выносимые на защиту, описаны структура работы.

В первой главе приведена модель движения подводного аппарата в различных формах. На основе этой модели движения подводного аппарата было разработано программного 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 приведена модель инерциальной навигационной системы (ИНС), используемой на подводном аппарате. Также приведены алгоритмы вторичной обработки измерений, выходом которых являются оценки координат и параметров ориентации подводного аппарата. На основе



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

В третьей главе рассмотрена задача комплексирования измерений магнитометра с ИНС. Предложен метод калибровки магнитометра подводного аппарата и определение собственного магнитного поля подводного аппарата, магнитного поля Земли, а также других калибровочных параметров непосредственно после пуска подводного аппарата. Разработан метод комплексирования измерений магнитометра с ИНС. На основе проведенного эксперимента было получено, что комплексирование измерений магнитометра с показаниями ИНС позволяют как повысить чувствительность и качество обнаружения магнитных аномалий, так и скомпенсировать ошибки ИНС.

В четвертой главе рассмотрена задача навигации подводного аппарата с использованием глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) при условии кратковременного всплытия на поверхность. Разработан в виде ПМО алгоритм 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 представлены результаты решения задачи вычисления уточненной эфемеридно-временной информации для повышения точности навигации подводного аппарата с использованием ГНСС. Предварительно были рассмотрены варианты формирования и схемы передачи уточненной ЭВИ ГНСС для уменьшения времени навигации подводного аппарата. Следующей задачей, которая была рассмотрена в диссертационной работе, была разработка алгоритмов и программного обеспечения вычисления уточненной ЭВИ на основе использования беззапросных измерений от навигационных спутников ГНСС. Было разработано ПМО, предназначенное для сбора, синхронизации и обработки измерений от станций в реальном времени по протоколу NTRIP, и вычисления уточненной ЭВИ ГНСС, и

показано, что применение разработанного ПМО существенно повышает точность навигации подводного аппарата (до 5-6 раз).

Текст диссертации написан квалифицированно, изложен литературно-техническим языком, должным образом оформлен. Материалы изложены логично и аргументированно.

**Научная новизна** полученных автором диссертации результатов заключается в следующем:

1. Разработано методическое и математическое обеспечение решения задачи комплексирования измерений магнитометра с ИНС.

2. Предложен метод калибровки магнитометра на движущемся подводном аппарате.

3. Разработано методическое и математическое обеспечение решения задачи определения координат подводного аппарата по сигналам ГНСС (ГЛОНАСС, GPS, Galileo, BeiDou) при кратковременном всплытии.

4. Предложен 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.

**Теоретическая значимость** работы состоит в решении задачи комплексирования измерений магнитометра с ИНС, а также в разработке метода калибровки магнитометра на движущемся подводном аппарате, метода комплексирования измерений магнитометра с ИНС, установленной на аппарате.

**Практическая значимость** работы заключается в разработке технологии 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, что обеспечивает существующую потребность повышения качества навигационного обслуживания подводных аппаратов,



обеспечения национальной безопасности и социально-экономического развития Российской Федерации.

**Достоверность полученных результатов** обеспечена использованием апробированных математических методов и подтверждается применением в реальных условиях и сравнением результатов с данными, полученными сторонними производителями навигационной аппаратуры.

Полученные в диссертационной работе Куршина А.В. результаты уже используются в ряде организаций (ФГУП «ЦНИИмаш», АО «ГНПП «Регион», АО «Российские космические системы») и **могут быть рекомендованы** для практического использования в научных организациях ракетно-космической и морской промышленности при решении задач навигации.

К диссертационной работе имеются следующие замечания:

1. Новизна работы соискателя состоит в использовании магнитометра в составе измерительных средств навигационной системы подводного аппарата. К сожалению, соискатель не приводит значений параметров, характеризующих пространственную спектрально-временную структуру магнитного поля Земли и непосредственно подводного аппарата, а также ошибки самого магнитометра и не дает сравнения ожидаемой точности предлагаемой системы с системой, построенной традиционным способом на инерциальных, гравиметрических и иных датчиках.

2. Не описан должным образом учет возмущений от волнения моря, которые значительно влияют как на проведение режима коррекции по ГНСС ГЛОНАСС, так и на ИНС.

3. Не описана вербально модель действий подводного аппарата, каким образом реализуются параметры движения, скорость, глубина, порядок и организация подвсплытия, остановка, начало движения, повороты, частота сеансов навигации и др., что не позволяет достоверно оценить реализуемость предложенных автором подходов для практики.

4. Существенным недостатком представляется и необходимость специального маневрирования подводного аппарата в процессе калибровки магнитометра.

5. Некоторую досаду вызывает описка соискателя при определении на л. 86 углов курса, тангажа и крена как углов поворота аппарата вокруг осей связанной системы координат.

6. В главе 1 представлено большое количество моделей движения подводного аппарата, но не дано четкого разъяснения об их дальнейшем использовании.

7. Недостаточно полно описаны особенности инерциальной навигационной системы, используемой на подводном аппарате. Не приведены сделанные допущения и ограничения по ее использованию.

8. На наш взгляд, в тексте работы недостаточно внимания уделено описанию разработанного автором программно-математического обеспечения и особенностей его использования. Поскольку создание программно-математического обеспечения, реализующее разработанные автором методы, является неотъемлемой частью диссертационной работы, его описание могло бы быть более подробным.

Однако приведенные замечания не снижают общего высокого научного уровня и практической значимости рассматриваемой диссертационной работы.

Таким образом, по данной работе может быть сделано следующее **заключение:**

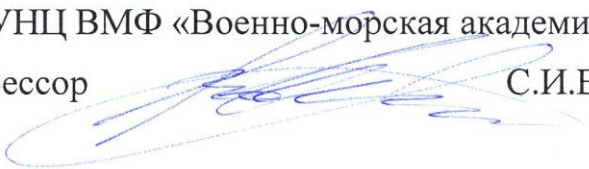
Диссертационная работа Куршина Андрея Владимировича на тему «Комплексирование на подводном аппарате данных инерциальной навигационной системы, магнитометра и глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС» является научно-квалификационной работой, в которой решена научная задача использования в системе навигации подводного аппарата магнитометра, комплексирования показаний магнитометра с ИНС и ГЛОНАСС и разработаны соответствующие алгоритмы оптимальной обработки измеряемой информации. Диссертация имеет существенное значение для развития отрасли знаний, соответствующей специальности 05.13.01 - «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)». Основное содержание работы, результаты и выводы достаточно полно

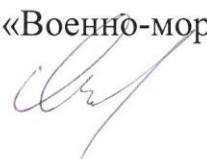


изложены в автореферате и публикациях автора.


По своей актуальности, научной новизне, объему выполненных исследований и практической значимости полученных результатов, содержанию и оформлению рассматриваемая диссертационная работа соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК РФ, предъявляемых к кандидатским диссертациям, представленным на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор, Куршин Андрей Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 - «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)».


Отзыв составили:

Профессор кафедры 021 ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия»  
доктор военных наук, профессор  С.И.Ворник

Доцент кафедры 021 ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия»  
кандидат технических наук  А.Н.Царапкин

Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании кафедры 021  
Военного учебно-научного центра ВМФ «Военно-морская академия»,  
протокол № 3 от «21» ноября 2016 г.

Начальник кафедры 021 ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия»  
кандидат военных наук  Д.А.Лисицкий

Секретарь диссертационного совета ДС215.005.01  
ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия»  
кандидат военных наук  Д.А.Серебров