

## СИСТЕМЫ ПОДВОДНОЙ ИНЕРЦИАЛЬНОЙ НАВИГАЦИИ

Шаковец Т.А, Морозова А.Н.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,  
г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Гурский М.С. – к. т. н, доцент, доцент кафедры ПИКС

**Аннотация.** *Togins* система навигации для подводных операций. Она объединяет данные *GNSS* и инерциальных измерений, обеспечивая точность и надежность навигации под водой. Система *Togins* предлагает высокую точность в реальном времени и преимущества в сложных условиях, что делает ее перспективным решением для подводных технологий и исследований.

**Ключевые слова:** система навигации, подводная навигация, инерциальные измерения, подводные операции.

**Введение.** В условиях ограниченной доступности спутниковых систем позиционирования подводная навигация остается сложной задачей, требующей инновационных решений. Одним из перспективных разработок в этой области является *Togins* система навигации. Используя совмещение данных *GNSS* (глобальной навигационной спутниковой системы) и инерциальных измерений, *Togins* предлагает точное и надежное решение для подводной навигации. В этой работе мы рассмотрим принцип работы стандартных систем инерциальной навигации под водой, ограничения их использования, а также особенности и преимущества *Togins* системы навигации.

В данной статье отметим ее способность обеспечивать высокую точность навигации в реальном времени даже в сложных условиях под водой, что делает ее значимым вкладом в область подводной технологии и исследований.

**Основная часть.** Стандартные инерциальные навигационные системы (ИНС) под водой используют принцип инерциальной навигации для определения позиции, скорости и ориентации подводного объекта. Они состоят из набора инерциальных датчиков, обычно включающих гироскопы и акселерометры, а также вычислительного блока для обработки и анализа данных [1].

Принцип работы стандартной ИНС под водой основан на измерении изменений ускорения и угловой скорости объекта. Гироскопы измеряют угловую скорость вращения объекта вокруг трех осей (продольной, поперечной и вертикальной), а акселерометры измеряют линейное ускорение вдоль этих осей.

ИНС обрабатывает и анализирует данные от гироскопов и акселерометров, используя математические алгоритмы и модели, чтобы определить изменение позиции, скорости и ориентации объекта во времени. Эта информация затем может быть использована для навигации и контроля положения подводного объекта.

Однако стандартные системы ИНС под водой могут быть подвержены накоплению ошибок со временем из-за неточностей и дрейфа датчиков. Для устранения или снижения этих ошибок, системы ИНС могут быть интегрированы с другими навигационными системами, такими как *GPS* или системами активной акустической навигации, чтобы обновлять и корректировать данные ИНС [2].

*Togins*, или "*Time-of-GNSS-Inertial-Subsea*" система навигации, которая является инновационным решением, разработанным для обеспечения точной навигации в подводных условиях. Эта система объединяет данные *GNSS* (глобальной навигационной спутниковой системы) и инерциальных измерений для определения положения и ориентации погружаемых объектов, таких как подводные роботы, подводные аппараты и исследовательские средства.

Одной из основных проблем при навигации в подводной среде является ограниченная доступность сигналов *GNSS* под водой, так как вода сильно ослабляет и искажает эти сигналы. *Togins* система устраняет эту проблему путем использования инерциальных измерений, основанных на акселерометрах и гироскопах, для непрерывной оценки положения и ориентации объекта в отсутствие сигналов *GNSS*. При получении доступного сигнала *GNSS*, система выполняет синхронизацию времени *GNSS* и инерциальных измерений (*Time-of-Flight*) для улучшения точности навигации.

Одной из главных преимуществ *Togins* системы является ее способность обеспечивать высокую точность навигации в реальном времени даже в сложных подводных условиях. Это позволяет улучшить эффективность и безопасность подводных операций, таких как исследования морского дна, ремонт подводных структур и трубопроводов, а также поиск и спасение. Внешний вид *Togins Subsea Navigation System* представлен на рисунке 1 [3].



Рисунок 1 – Внешний вид устройства *Togins Subsea Navigation System*

*Togins Subsea Navigation System* отличается от аналогов по ряду факторов:

- технологический прорыв: *Togins Subsea Navigation System* использует передовые технологии, такие как инерциальная навигация, глобальная позиционная система (*GPS*) и активные акустические методы для достижения точной и надежной навигации под водой, что обеспечивает высокую точность и стабильность системы;

- глубоководные возможности: Одним из особых отличий *Togins Subsea Navigation System* является его способность работать на больших глубинах. Система разработана и адаптирована для работы в условиях подводной среды на значительных глубинах, что позволяет применять ее в различных областях, включая нефтегазовую промышленность и исследования морского дна;

- высокая точность и стабильность: *Togins Subsea Navigation System* обеспечивает высокую точность и стабильность навигации даже в сложных условиях под водой. Это особенно важно для выполнения задач, требующих высокой точности позиционирования, например, при проведении подводных исследований или работе с подводными структурами.

- интеграция с другими системами: *Togins Subsea Navigation System* разработан с учетом возможности интеграции с другими подводными системами и оборудованием. Это позволяет создавать комплексные решения для выполнения различных задач под водой, таких как картографирование морского дна, инспекция подводных сооружений и управление подводными роботами;

- удобство использования: Система *Togins Subsea Navigation* имеет интуитивно понятный пользовательский интерфейс и простой в использовании контрольный пульт. Это

делает ее доступной и удобной для операторов, что повышает эффективность и надежность выполнения задач под водой [4].

Однако, как и у любой технологии, у *Togins* системы есть свои ограничения. Например, точность навигации может быть снижена в случае значительных возмущений или изменений в окружающей среде, которые могут повлиять на качество инерциальных измерений. Также необходимо учитывать ограниченную длительность работы системы, так как она требует энергии для работы инерциальных датчиков и обработки данных.

В целом, *Togins* система навигации представляет собой перспективное решение для точной подводной навигации, объединяющее данные *GNSS* и инерциальных измерений. Ее применение может значительно улучшить эффективность и надежность подводных операций, что делает ее заметным вкладом в область подводной технологии и исследований.

**Заключение.** *Togins* система навигации представляет перспективное решение для подводной навигации. Объединение данных *GNSS* и инерциальных измерений обеспечивает высокую точность и надежность в реальном времени, даже в сложных условиях под водой. Ее потенциал в области подводных операций и исследований делает ее значимым вкладом в развитие подводной технологии. Несмотря на то, что система *Togins* требует дальнейшего тестирования, ее преимущества и способность работать в глубоководных условиях делают ее перспективным инструментом для улучшения эффективности подводных операций.

#### Список литературы

1. Матвеев, В.В. Инерциальные навигационные системы / В.В. Матвеев. – Тула : Изд-во ТулГУ, 2012. – 198 с.
2. Селиванова, Л.М. Инерциальные навигационные системы / Л.М. Селиванова, Е.В. Шевцова. – Москва : Изд-во МГТУ им.Н.Э. Баумана, 2012. – 49 с.
3. Сайт производителя *Togins Subsea Navigation System* [Электронный ресурс] – Режим доступа : <https://geo-matching.com/products/togsins>. – Дата доступа : 03.03.2024.
4. Анучин, О.Н. Интегрированные системы ориентации и навигации для морских подвижных объектов / О.Н. Анучин, Г.И. Емельянцеv. – СПб : Изд-во ЦНИИ «Электроприбор», 2003. – 389 с.

UDC 629.056.6

## UNDERWATER INERTIAL NAVIGATION SYSTEMS

*Shakovets T.A., Morozova A.N.*

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus*

*Gursky M.S. – Cand. of Sci, associate professor, associate professor of the Department of ICSD*

**Annotation.** *Togins is a navigation system designed for underwater operations. It combines GNSS data and inertial measurements to provide accuracy and reliability in underwater navigation. Togins offers high real-time precision and advantages in challenging conditions, making it a promising solution for underwater technologies and research.*

**Keywords:** *Togins, navigation system, underwater navigation, inertial measurements, underwater operations.*