

ОБЗОР ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ И МЕТОДОВ СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИИ СУДОВ

Статья посвящена обзору методов навигации судов на основе спутникового определения местоположения. Данный метод предусматривает создание комплексной системы спутников на околоземной орбите, модернизацию судов и их навигационного оборудования, обучение моряков и обслуживающего персонала и устранение тормозящих внедрение факторов. В статье рассмотрены варианты спутниковой навигации в мире, дается оценка всех существующих систем спутниковой навигации по количеству спутников и распространенности. Описывается принцип работы используемых в навигации спутниковых систем, основанных на приемниках ГЛОНАС/GPS и системах СМС «Виктория», которые сравнивают периоды между временем приема синхронизированного сигнала от навигационных спутников. В статье для вычисления GPS координат объекта приводится формула, по которой работают все навигационные приемники. В статье рассмотрена зона покрытия спутниковой связи, основанной на терминалах Инмарсат. Для увеличения точности определения координат судна используется принцип работы в режиме дифференциальной навигации у спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS. В совокупности повсеместное внедрение систем спутниковой навигации при хорошо проработанной и созданной технической базе должно в итоге вывести систему на запланированную мощность в целях глобального мониторинга движения судов.

Ключевые слова: навигация, спутник, суда, GPS, ГЛОНАСС, Инмарсат, СМС «Виктория».

СРАЗВИТИЕМ морского и речного судоходства все более остро встает проблема обеспечения безопасности судоходства [1] – [3], необходимости отслеживания положения судна для определения координат [4] – [6], корректировки дальнейшего курса [6], контроля передвижения транспортных средств компанией-владельцем и заказчиком, чей груз перевозят [7] – [9], и т. п. В конце XX в. в Америке начались разработки новой технологии, призванной отвечать за позиционирование различных объектов на земной поверхности. Данная технология получила название «NAVSTARGPS». Как часто бывает, сначала технология была под грифом секретности и использовалась исключительно военными и для военных целей. Возможности применения данной технологии для гражданских нужд рассмотрены в серии работ [5] – [14]: для помощи при позиционировании авиатехники [10], для контроля и помощи в поиске маршрута для автомобилей [7], [9], для навигации судов [6], [8], [11], [12], в морском бурении [5], [13], [14] и еще во множестве различных сфер деятельности. Советский Союз активно использовал американскую систему. Спутниковые технологии появились у нас на 10 лет позже, чем в США.

При внедрении любой новой системы возникают проблемы, которые связаны со специфическими особенностями использования. В частности, спутниковые навигационные системы и их внедрение на судах водного транспорта тормозят следующие факторы.

1. Отсутствие стимулирующих факторов для закупки навигационного оборудования. Нет соответствующих законов.
2. Отсутствие подробных баз электронных картографических систем.
3. Отсутствие должного опыта использования данного оборудования командой корабля. Необходимо проводить обучение.
4. Высокая стоимость устанавливаемого оборудования. За простой комплекс необходимо заплатить около 100 тыс. руб., что невыгодно владельцам небольших речных буксиров.
5. Мертвые зоны в покрытии сигналом.

Несмотря на тормозящие факторы, техническая составляющая данной задачи постоянно совершенствуется.

В данное время в мире используется четыре варианта спутниковой навигации:

Galileo — 30 спутников серии GALILEO;

Compass — 51 спутник (планируется вывести на орбиту 66 спутников);

GPS — 31 спутник семейства NAVSTAR GPS;

ГЛОНАСС — 24 спутника серии ГЛОНАСС-М.

В [15] рассматривается принцип работы системы Галилео (Galileo), предназначенной для решения различных задач геодезического мониторинга. Она представляет собой объединенный проект Европейского союза и космического агентства. Данный объединенный проект входит в состав большой системы, получившей название Трансевропейские сети. Галилео не планируется использовать для навигации судов и определения местоположения различных отслеживаемых объектов как в небе, так и на земной поверхности. В [16] – [17] рассматривается принцип работы системы Компас (Compass), первоначально имевшей название Бэйдюу и предназначенной для регионального позиционирования. В Китае проводится большая работа по созданию на земле центров по мониторингу земной поверхности с целью предупреждения землетрясений и различных стихийных бедствий. Выход на коммерческую мощность планируется к 2020 г. После выхода на коммерческую мощность планируется использование системы для навигации различных типов судов.

На территории России разрешены к использованию в навигации системы ГЛОНАСС и GPS. В данное время появились совмещенные приемники ГЛОНАСС/GPS, в которых осуществляется прием сигналов от спутников обеих систем спутниковой навигации. Авторы работ [1], [4], [8], [18], [19] приводят доводы в пользу данного решения, которое позволило обеспечить бесперебойность навигации в различных условиях и увеличить точность определения местоположения.

Самой распространенной системой спутниковой навигации в мире является GPS. Россия активно занимается внедрением своей системы спутниковой навигации ГЛОНАСС. ГЛОНАСС/GPS-технология включает в себя три ключевые составляющие: космическую, управляющую и пользовательскую. ГЛОНАСС/GPS применяются для определения координат с использованием систем, получивших название спутниковые радионавигационные системы (СРНС). Это определение применяется как для системы GPS, так и для ГЛОНАСС. Спутники постоянно транслируют радионавигационные сигналы, содержащие данные об их положении и времени, а также специальные коды. Координаты судна находят, используя ГЛОНАСС/GPS-оборудование. В [10], [20] описывается основной принцип работы, который заключается в сравнении периодов между временем приема сигналов от спутников оборудованием на судне и временем отправки этих сигналов. В настоящее время точности в несколько метров при определении местоположения такого крупного объекта, как судно, вполне достаточно. По завершению последнего этапа (по плану к 2020 г.) предполагается дальнейшее снижение погрешности в определении координат судна.

Для определения координат GPS-приёмнику нужно решить систему уравнений, вывод которых приведен в [20]:

$$|x - a_j| = c(t_j - \tau), \forall j \in 1 \dots n,$$

где x — искомое расположение пользователя; a_j — расположение j -го навигационного спутника; c — скорость света; t_j — время, когда сигнал от j -го спутника принят GPS-приёмником; τ — время одновременной отправки сигнала всеми навигационными спутниками; n — количество спутников, необходимых для однозначности решения.

Глобальная навигационная система в России развивалась очень медленно, но с недавних пор деятельность в этом направлении резко активизировалась. Созданы департаменты, комитеты и группы в разных государственных структурах, ответственных за продвижение ГЛОНАСС. Системой ГЛОНАСС в настоящее время занимается Федеральное космическое агентство «Роскосмос» и ОАО «Информационные спутниковые системы». Данная система предназначена для навигации и позиционирования большого количества пользователей данной системы. Система работает для космического, воздушного, морского и наземного базирования контролируемых объектов. Гражданские лица могут получить доступ к сигналу ГЛОНАСС абсолютно бесплатно и по всей

планете. Основным отличием ГЛОНАСС от GPS является то, что спутники российской технологии не вступают в резонанс с планетарным вращением. Данная инновация позволила добиться большой стабильности в их работе и исключить необходимость в корректировке орбиты за весь срок службы.

В ГЛОНАСС/GPS-приемниках используются два вида отображения навигационной информации, представленные в [15], [16]:

- цифровое отображение координат, скорость, пройденный путь и т. п. Также присутствуют буквенные сочетания, поясняющие цифровые данные — сокращения слов (например, SPD — Speed, TRK — Track и др.), наименования путевых точек;
- графическое отображение осуществляется с помощью представления судна на экране прибора, которое повторяет движение судна в реальном времени с наложением на карту местности.

В [21], [22] рассматривается принцип действия систем мониторинга. С 2000 г. в навигации судов, как речных, так и морских, использовалась система мониторинга «Виктория». Данная система позволяла отслеживать координаты судна только два раза в сутки. Отслеживание происходило автоматически. Суда оборудованы спутниковыми станциями Инмарсат и навигационными приемниками. Информация о местоположении объекта автоматически считывается судовой станцией Инмарсат и через спутниковый канал в виде коротких информационных потоков передается на земную станцию, располагающуюся на берегу. Земная станция по наземным каналам доставляет эту информацию в СМС «Виктория». СМС «Виктория» расшифровывает полученную информацию и с привязкой к электронным картам местности представляет ее заинтересованным в информации пользователям. Пользователи СМС «Виктория» имеют возможность отслеживать местоположение судов путем автоматического получения координат с оборудования Инмарсат.

Международная морская организация (ИМО) в 2006 г. ввела судовую систему оповещения, которая выдает в автоматическом режиме координаты судна четыре раза в сутки. Координаты для них приходят на приемники стандарта ГЛОНАСС и GPS. Данные системы необходимо устанавливать в обязательном порядке на судах с большой грузоподъемностью, судах, совершающих международные рейсы, и на все виды пассажирских судов.

В настоящее время для морских судов, совершающих международные рейсы, необходимо сообщать координаты шесть раз в сутки. Судовое оборудование использует стандарт Инмарсат, а координаты для них приходят на GPS-приемники [22]. Зона покрытия спутниковой связи Инмарсат показана на рис. 1.

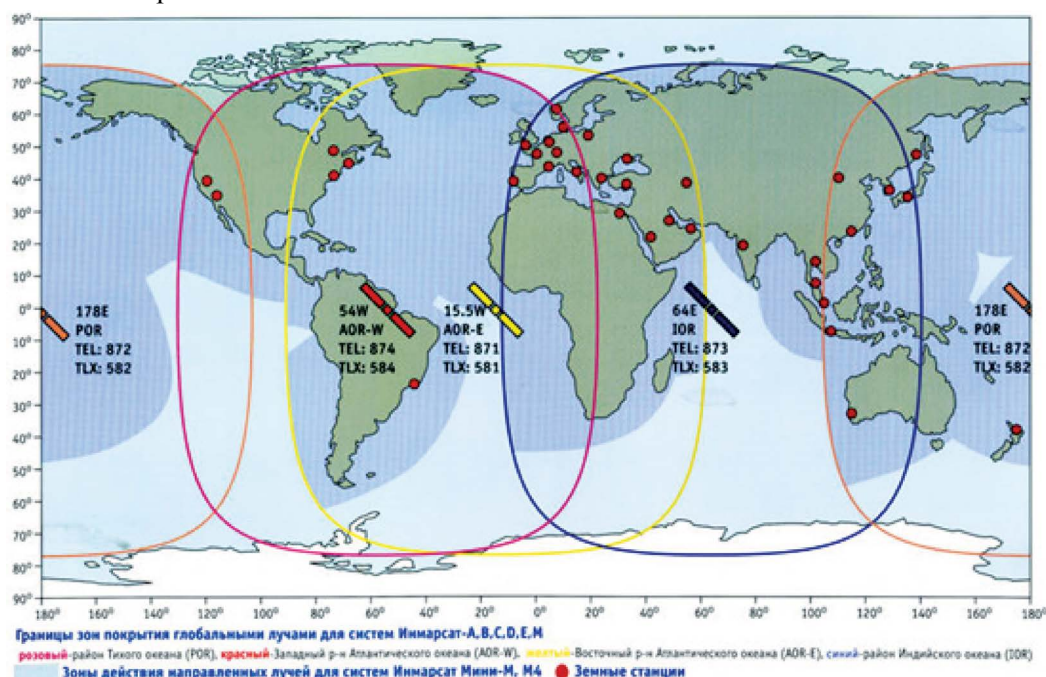


Рис. 1. Зона покрытия спутниковой связи Инмарсат

За время использования аппаратуры спутниковой навигации она доказала свою надежность и высокую точность.

В работах [1], [18], [23] описывается принцип работы в дифференциальном режиме. Для лучшего определения расположения судна системами ГЛОНАСС/GPS используется дифференциальный режим работы (рис. 2).

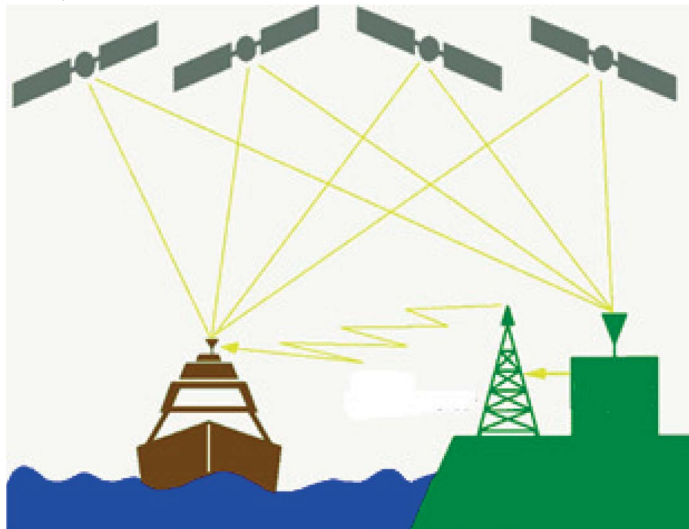


Рис. 2. Дифференциальный режим работы

Дифференциальный режим реализуется с помощью специального приемника, называемого базовой станцией. В работах [6], [11], [20] описывается принцип, с помощью которого происходит сравнение известных координат судна и вычисленных с помощью специальных обрабатывающих алгоритмов. Компьютер базовой станции вносит изменения, которые передаются судоводителям по каналам связи [23] – [25]. В ряде работ, например, [1] – [3], [18], [26], описываются способы реализации дифференциального метода, из которых на сегодня можно выделить следующие:

- системы дифференциальной навигации по кодовым измерениям строятся по принципу измерения и обработки мнимых дальних расстояний. Их погрешность в местоопределении судна колеблется от долей метра до нескольких метров;

- системы дифференциальной навигации по псевдофазовым измерениям обеспечивают определение координат судна с очень высокой точностью. Однако нахождение приемника в таком методе не позволяет удалять его от базовой станции далее 90 км в зависимости от типа местности.

Для осуществления безопасного судоходства используется первый способ, так как расстояния мониторинга исчисляются сотнями километров.

Автор работ [27], [28] П. В. Викулин проводит анализ метода передачи поправок при определении местоположения в дифференциальном режиме ГЛОНАСС/GPS на внутренних водных путях. В данном методе используются 39 береговых станций автоматических идентификационных систем (АИС). Здесь для обеспечения безопасности судоходства большое значение имеет защищенность передаваемой информации по каналам передачи поправок [29] – [31].

В итоге, несмотря на некоторые проблемы, которые присущи любому проекту внедрения новой системы, спутниковая навигация постепенно будет установлена на всех судах морской и речной навигации, в первую очередь, из-за заинтересованности в отслеживании коммерческих судов. Требования к технической начинке судов постоянно ужесточаются. В современном мире это особенно касается средств навигации, поскольку количество задач, выполняемых на воде, и количество судов, курсирующих по своим маршрутам, неуклонно растет. Если рассматривать техническую сторону внедрения спутниковых навигационных систем в морской и речной навигации, то она проработана достаточно хорошо. Количество спутников ГЛОНАСС/GPS на околоземной орбите и применение дифференциального режима работы дают результаты, точность которых

приемлема для эффективного отслеживания судов и других объектов. Существующие технологии в полной мере позволяют контролировать не только передвижение судов, но и обеспечивают решение ряда других задач [32] – [34]. Однако для расширения сферы использования средств и методов спутниковой навигации, для повышения их эффективности необходимо решить ряд организационных проблем, связанных со специфическими особенностями их применения на судах водного транспорта, на сухопутных видах транспорта и в других областях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Нырков А. П.* Навигационные системы ГЛОНАСС/DGPS в обеспечении безопасности судоходства / А. П. Нырков, Г. Б. Чистяков // Материалы междунар. науч.-практич. конф., посвященной 200-летию подготовки кадров для водного транспорта России «Водные пути России: строительство, эксплуатация, управление». 1–2 октября 2009 г. — СПб.: ФГОУ ВПО СПГУВК, 2009. — С. 89–92.
2. *Нырков А. П.* Современные информационные технологии в обеспечении безопасности судоходства / А. П. Нырков, Г. Б. Чистяков // Сб. тр. Седьмой междунар. науч.-практ. конф. «Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности». — СПб.: Изд-во Политехнического ун-та, 2009. — Т. 2. — С. 198–202.
3. *Нырков А. П.* Информационные технологии в обеспечении безопасности судоходства на внутренних водных путях / А. П. Нырков, А. А. Нырков // Материалы конф. «XIV Санкт-Петербургская международная конференция «Региональная информатика – 2014» (РИ–2014). — СПб.: СПОИСУ, 2014. — 279 с.
4. *Mamunts D. G.* Using information technologies in dredging / D. G. Mamunts, S. S. Sokolov, A. P. Nyrkov // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. — 2015 — Vol. 91. — Pp. 012064. DOI:10.1088/1757-899X/91/1/012064.
5. *Нырков А. П.* Контролинг работоспособности морских буровых платформ акватории Крымского полуострова в режиме санкций / А. П. Нырков, С. С. Соколов, А. А. Жиленков, С. Г. Черный // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. — 2015. — № 12. — С. 11–17.
6. *Нырков А. П.* Алгоритм управления движением судов, идущих пересекающимися курсами / А. П. Нырков, П. В. Викулин // Журнал Университета водных коммуникаций. — 2011. — № 1. — С. 100–105.
7. *Нырков А. П.* Контроль целостности данных при мониторинге транспортных средств / А. П. Нырков, Н. Ю. Вайгандт // Журнал Университета водных коммуникаций. — 2013. — № 1. — С. 54–61.
8. *Нырков А. П.* Обеспечение безопасности автоматизированных систем управления движением судов при помощи технологии референчных станций / А. П. Нырков, С. С. Соколов, Н. Ю. Вайгандт // Морская радиоэлектроника. — 2013. — № 2 (44). — С. 48–50.
9. *Нырков А. П.* Автоматизация управления мультимодальными перевозками / А. П. Нырков, С. С. Соколов, В. Н. Ежгуров, В. А. Мальцев // Журнал Университета водных коммуникаций. — 2013. — № 2. — С. 74–78.
10. *Соловьев Ю. А.* Спутниковая навигация и ее приложения / Ю. А. Соловьев. — М.: Эко-Трендз, 2003. — 326 с.
11. *Вайгандт Н. Ю.* Повышение точности навигационных систем водного транспорта при помощи технологии референчных станций / Н. Ю. Вайгандт, А. П. Нырков // Материалы науч.-техн. конф. ИТ: ВЧЕ-РА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА — 2013. — СПб.: ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова, 2013. — С. 64–69.
12. *Нырков А.* Оценка погрешности коррелированных навигационных измерений / А. Нырков, А. Черненко // Речной транспорт (XXI век). — 2009. — № 5 (41). — С. 71–75.
13. *Chernyi S.* Self-contained drilling rig automatic control system efficiency improvement by means of assuring compatibility and integration methods development / S. Chernyi, A. Zhilenkov, S. Sokolov, L. Titov // Metallurgical and Mining Industry. — 2015. — Vol. 7. — № 3. — Pp. 66–73.
14. *Nyrkov A.* Using information technologies in dredging / A. Nyrkov, S. Sokolov, S. Chernyi, D. Mamunts // Metallurgical and Mining Industry. — Vol. 7. — № 6. — 2015. — Pp. 521–524.
15. ГЛОНАСС — для всех и повсюду. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.marcomm.ru/news/ID_13.html. (дата обращения: 18.11.2015).
16. Спутниковые системы навигации. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.fcp-pbdd.ru/special_equipment/20042. (дата обращения: 18.11.2015).

17. Спутники китайской навигационной системы BeiDou (Compass). [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://monitoring-gps.ru/news/beidou\(compass\).html](http://monitoring-gps.ru/news/beidou(compass).html) (дата обращения: 18.11.2015).
18. *Нырков А. П.* Программно-аппаратные средства дифференциальных навигационных систем для расстановки знаков навигационного ограждения в ГБУ «Волго-Балт» / А. П. Нырков, Г. Б. Чистяков // Морская радиоэлектроника. — 2009. — № 2. — С. 34–36.
19. *Викторов В. В.* Точность навигационных параметров как фактор безопасности малого флота / В. В. Викторов, А. А. Капустин, А. П. Нырков // ИТ: ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА — 2013: Материалы науч.-техн. конф. — СПб.: ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова, 2013. — С. 89–93.
20. *Чистяков Г. Б.* Математическое и алгоритмическое обеспечение автоматизированного управления процессом высокоточной постановки средств навигационного ограждения на внутренних водных путях: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06 / Г. Б. Чистяков. — СПб., 2010. — 164 с.
21. Руководство пользователя СМС «ВИКТОРИЯ». [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://victoria.lrit.ru/index_rus/manual/vict_manual.pdf (дата обращения: 18.11.2015).
22. Инмарсат-С ТТ-302в. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.tecckom.ru/inmarsat_3020c.php (дата обращения: 18.11.2015).
23. Дифференциальный режим GPS измерений. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://geokart.3dn.ru/publ/2-1-0-6> (дата обращения: 18.11.2015).
24. *Nyrkov A. P.* Algorithmic Support of Optimization of Multicast Data Transmission in Networks with Dynamic Routing / A. P. Nyrkov, S. S. Sokolov, A. S. Belousov // Modern Applied Science. — 2015. — Vol. 9. — №. 5. — Pp. 162–176. DOI: 10.5539/mas.v9n5p162.
25. *Нырков А. П.* Мультисервисная сеть транспортной отрасли / А. П. Нырков, С. С. Соколов, А. С. Белоусов // Вестник компьютерных и информационных технологий. — 2014. — № 4. — С. 33–38. DOI: 10.14489/vkit.2014.04. — P. 033–038.
26. *Дулатов И. Н.* Современное состояние навигационных информационных систем / И. Н. Дулатов, А. П. Нырков // Материалы V межвузовской науч.-практ. конф. аспирантов, студентов и курсантов «Современные тенденции и перспективы развития водного транспорта России» 14 мая 2014 г. — СПб.: ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова, 2014. — С. 265–269.
27. *Викулин П. В.* Построение траектории расхождения судов при использовании данных АИС // XXI науч.-техн. конф. 6 – 7 апреля 2010 г. Военная радиоэлектроника: опыт использования и проблемы, подготовка специалистов. — Ч. III. — Петродворец: ВМИРЭ имени А. С. Попова, 2010. — С. 40–46.
28. *Викулин П. В.* Структурно-логический синтез информационных потоков АСУДС в условиях использования автоматической идентификационной системы: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06 / П. В. Викулин. — СПб., 2011. — 141 с.
29. *Нырков А. П.* Обеспечение безопасности объектов информатизации транспортной отрасли / А. П. Нырков, А. А. Нырков, С. С. Соколов [и др.]. — СПб.: Изд-во Политехнического ун-та, 2015. — 544 с.
30. *Каторин Ю. Ф.* Защищенность информации в каналах передачи данных в береговых сетях автоматизированной идентификационной системы / Ю. Ф. Каторин, В. В. Коротков, А. П. Нырков // Журнал Университета водных коммуникаций. — 2012. — № 1. — С. 98–102.
31. *Нырков А. П.* Автоматизированное управление высокоточной постановкой средств навигационного ограждения на ВВП РФ с использованием ГЛОНАСС / А. П. Нырков, О. В. Петриева, Г. Б. Чистяков [и др.] // Материалы XIX науч.-техн. конф. «Методы и технические средства обеспечения безопасности информации». — СПб.: Изд-во Политехнического ун-та, 2010. — С. 44–45.
32. *Вихров Н. М.* О безопасности инфраструктуры водного транспорта / Н. М. Вихров, Ю. Ф. Каторин, А. П. Нырков [и др.] // Морской вестник. — 2014. — № 4 (52). — С. 99–102.
33. *Жиленков А. А.* Оценка надёжности и эффективности распределённых систем буровых установок / А. А. Жиленков, А. П. Нырков, С. Г. Черный // Автоматизация в промышленности. — 2015. — № 6. — С. 50–52.
34. *Нырков А. П.* Автоматизированное управление транспортными системами / А. П. Нырков, С. С. Соколов, А. А. Шнуренко. — СПб.: ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова, 2013. — 325 с.

A REVIEW OF THE TECHNICAL MEANS AND METHODS OF SATELLITE NAVIGATION SHIPS

This article reviews the methods of navigation based on satellite positioning. This method involves the creation of an integrated system of satellites in low earth orbit, upgrading of vessels and their navigation equipment,

the training of seafarers and service staff and elimination of impeding the implementation factors. The article considers the options of satellite navigation in the world, provides an assessment of all available satellite navigation systems on the number of satellites and prevalence in the world. Describes the principle of operation used in satellite navigation systems based on the receivers GLONASS/GPS systems SMS «Victoria», which compare the periods between the times of reception of synchronized signals from navigation satellites. The article provides a formula to calculate the GPS coordinates of the object on which all navigation receivers. The article describes the area of satellite coverage based on Inmarsat terminals. To increase the accuracy of determining the coordinates of a ship is the principle of operation of differential navigation satellite systems GLONASS/GPS. Collectively, the widespread adoption of satellite navigation systems with a well-designed and developed technical base should eventually bring the system to the planned capacity for global monitoring of ships traffic.

Keywords: Navigation, satellite, ships, GPS, GLONASS, Inmarsat, SMS «Victoria».

REFERENCES

1. Nyrkov, A. P., and G. B. Chistiakov. "The navigation system DGLONASS/DGPS in the safety of navigation." *Proc. of the Intern. scientific and practical Conf. dedicated to the 200th anniversary of the training for water transport of Russia "Russian Waterways: construction, operation, management"*. SPb.: FGOU VPO SPGUWC, 2009: 89–92.
2. Nyrkov, A. P., and G. B. Chistiakov. "Modern information technology to ensure the safety of navigation." *Coll. tr. Seventh International Scientific and Practical Conference "Research, development and application of high technologies in the industry"*. SPb.: Publishing House of the Polytechnic. University Press, 2009: 198–202.
3. Nyrkov, A. P., and A. A. Nyrkov. "Information technology to ensure the safety of navigation on inland waterways." *Materials of the conference "The XIV St. Petersburg International Conference" Regional Informatics - 2014 "(RI-2014)"*. SPb.: SPOISU 2014: 279.
4. Mamunts, D. G., S. S. Sokolov, and A. P. Nyrkov. "Using information technologies in dredging." *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 91 (2015): 012064. DOI:10.1088/1757-899X/91/1/012064
5. Nyrkov, A. P., S. S. Sokolov, A. A. Zhilenkov, and S. G. Black. "Controlling performance of offshore drilling platforms waters of the Crimean peninsula in the sanctions regime." *Construction of oil and gas wells on land and at sea* 12 (2015): 11–17.
6. Nyrkov, A. P., and P. V. Vikulin. "Algorithm for traffic management, reaching intersecting courses." *Journal of University of Water Communications* 1 (2011): 100–105.
7. Nyrkov, A. P., and N. Y. Vaygandt. "Data integrity control in the transport monitoring." *Journal of University of Water Communications* 1 (2013): 54–61.
8. Nyrkov, A. P., S. S. Sokolov, and N. Y. Vaygandt. "Ensuring the safety of automated systems for traffic management using technology reference stations." *Marine electronics* 2 (2013): 48–50.
9. Nyrkov, A. P., S. S. Sokolov, V. N. Ezhgurov, and V. A. Maltsev. "Automation of management multimodal transport." *Journal of University of Water Communications* 2 (2013): 74–78.
10. Soloviev, Yuri. *Satellite navigation and its applications*. M.: Eco-Trendz, 2003.
11. Vaygandt, N. Y., and A. P. Nyrkov. "Improved accuracy of navigation systems of water transport using technology reference stations." *Materials of scientific and engineering. Conf. "IT: Yesterday, Today and Tomorrow – 2013"*. SPb.: GUMRF imeni admirala S.O. Makarova, 2013: 64–69.
12. Nyrkov, A., and A. Chernenko. "Error estimation correlated navigational measurements." *River transport (XXI century)* 5 (2009): 71–75.
13. Chernyi, S., A. Zhilenkov, S. Sokolov, and L. Titov. "Self-contained drilling rig automatic control system efficiency improvement by means of assuring compatibility and integration methods development." *Metallurgical and Mining Industry* 7.3 (2015): 66–73.
14. Nyrkov, A., S. Sokolov, S. Chernyi, and D. Mamunts. "Using information technologies in dredging." *Metallurgical and Mining Industry* 7.6 (2015): 521–524.
15. GLONASS for everyone, everywhere. Web. 18 Nov. 2015 <http://www.marcomm.ru/news/ID_13.html>.
16. Satellite navigation systems. Web. 18 Nov. 2015 <http://www.fcp-pbdd.ru/special_equipment/20042>.
17. Sputniks of Chinese navigation system BeiDou (Compass). Web. 18 Nov. 2015 <[http://monitoring-gps.ru/news/beidou\(compass\).html](http://monitoring-gps.ru/news/beidou(compass).html)>.
18. Nyrkov, A. P., and G. B. Chistiakov. "Firmware differential navigation systems for the installation of signs to navigation in GBU "Volga-Balt"." *Marine electronics* 2 (2009): 34–36.

19. Viktorov, V. V., A. A. Kapustin, and A. P. Nyrkov. "The accuracy of navigation parameters as a safety factor of small fleet." *Materials of scientific and engineering. Conf. "IT: Yesterday, Today and Tomorrow – 2013"*. SPb.: GUMRF imeni admirala S.O. Makarova, 2013: 89–93.
20. Chistiakov, G. B. Mathematical and algorithmic support of the automated process control precision setting aids to navigation on inland waterways: PhD diss. (Tech.). SPb., 2010.
21. User SMS "VICTORIA". Web. 18 Nov. 2015 <http://victoria.lrit.ru/index_rus/manual/vict_manual.pdf>.
22. Inmarsat-C TT-302B. Web. 18 Nov. 2015 <http://www.tecekom.ru/inmarsat_3020c.php>.
23. Differential GPS survey. Web. 18 Nov. 2015 <<http://geokart.3dn.ru/publ/2-1-0-6>>.
24. Nyrkov, A. P., S. S. Sokolov, and A. S. Belousov. "Algorithmic support of optimization of multicast data transmission in networks with dynamic routing." *Modern Applied Science* 9.5 (2015): 162–176. DOI: 10.5539/mas.v9n5p162.
25. Nyrkov, A. P., S. S. Sokolov, and A. S. Belousov. "Multiservice Network of Transportation Industry." *Vestnik kompiuternykh i informatsionnykh tekhnologii (Herald of computer and information technologies)* 4 (2014): 33–38. DOI: 10.14489/vkit.2014.04.pp.033–038.
26. Dulatov, I. N., and A. P. Nyrkov. "The current state of navigation information systems." *Proc. of the V Interuniversity scientific conference of graduate students, students and cadets "Modern tendencies and prospects of development of water transport of Russia"*. SPb.: GUMRF imeni admirala S.O. Makarova, 2014: 265–269.
27. Vikulin, P. V. "Building a difference path of vessels using AIS data." *Proc. of the XXI Scientific Conf. "Military radio electronics: experience and problems of use, training" Part III 6-7 April 2010*. Petrodvorets: VMIRE imeni A. S. Popov, 2010: 40–46.
28. Vikulin, P. V. Structurally-logic synthesis of information flow of ACMN in terms of use of the Automatic Identification System: PhD diss. (Tech.). SPb., 2010.
29. Nyrkov, A. P., A. A. Nyrkov, S. S. Sokolov, and A. A. Shnurenko. *Securing objects of information transport industry*. SPb.: Publishing House of the Polytechnic. University Press, 2015.
30. Katorin, Ju. F., V. V. Korotkov, and A. P. Nyrkov. "Information security in the channels of data transmission on the waterside networks of automatic identification system." *Zhurnal Universiteta vodnyh kommunikacij* 1 (2012): 98–102.
31. Nyrkov, A. P., O. V. Petrieva, G. B. Chistyakov, et al. "Automated control of high-precision formulation aids to navigation in the Russian GDP using GLONASS." *Proc. of the XIX Scientific Conf. "Methods and technical tools of information security"*. SPb.: Publishing House of the Polytechnic. University Press, 2010: 44–45.
32. Vikhrov, N. M., Ju. F. Katorin, A. P. Nyrkov, et al. "On the safety of water transport infrastructure." *Maritime Bulletin* 4 (2014): 99–102.
33. Zhilenkov, A. A., A. P. Nyrkov, and S. G. Chernyi. "Evaluation of reliability and efficiency of distributed systems rigs." *Automation in the industry* 6 (2015): 50–52.
34. Nyrkov, A. P., S. S. Sokolov, and A. A. Shnurenko. *Automated management of transport systems*. SPb.: Publishing House of the Polytechnic. University Press, 2013.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Матвеев Алексей Александрович — аспирант.
Научный руководитель:
Нырко́в Анато́лий Па́влович —
доктор технических наук, профессор.
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени
адмирала С. О. Макарова»
lesha.matweew@yandex.ru, kaf_koib@gumrf.ru
Кузнецов Влади́мир Николаевич — аспирант.
Научный руководитель:
Нырко́в Анато́лий Па́влович —
доктор технических наук, профессор.
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени
адмирала С. О. Макарова»
kaf_koib@gumrf.ru
Гаскаров Вагиз Дильяурович —
доктор технических наук, профессор.
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени
адмирала С. О. Макарова»
kaf.koib@gmail.com

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Matveev Aleksey Aleksandrovich — Postgraduate.
Supervisor:
Nyrkov Anatolij Pavlovich —
Dr. of Technical Sciences, professor.
Admiral Makarov State University of Maritime
and Inland Shipping
lesha.matweew@yandex.ru, kaf_koib@gumrf.ru
Kuznetsov Vladimir Nikolaevich — Postgraduate.
Supervisor:
Nyrkov Anatolij Pavlovich —
Dr. of Technical Sciences, professor.
Admiral Makarov State University of Maritime
and Inland Shipping
ponen@yandex.ru
Gaskarov Vagiz Dilyaurovich —
Dr. of Technical Sciences, professor.
Admiral Makarov State University of Maritime
and Inland Shipping
kaf.koib@gmail.com

Статья поступила в редакцию 14 декабря 2015 г.