

Conclusions

A simulation model is introduced to describe the way how the assessment of mutual interdependency of the sea traffic and dredging activity in a port approaching channel could be made.

This model enables to assess the ship losses caused by the time spent in the queue while the dredging works are performed.

A way to calculate the total dredging works' cost in different scenarios of their scheduling is presented.

It is shown how simulation performed for different scenarios could help to optimize the time schedule of dredging works by coordination them with a given schedule or random pattern of ship arrivals.

Bibliography

1. Dredging, a handbook for engineers, 1996, 434 pp., Elsevier Butterworth Heinemann, ISBN: 978-0-340-54524-9.
2. Port development. A handbook for planners in developing countries. Second edition. UNCTAD, NY, 1985, ISBN 92-1-112160-4.
3. Alexander Kuznetsov et al. Simulation as an integrated platform for container terminal development life-cycle The proceedings of the 13th International conference on Harbor Maritime Multimodal Logistics Modeling and Simulation, Fez, October 2010, ISBN 2-9524747-4-5, p.159-162.
4. A guide to cost standards for dredging equipment, 2009, 62 pp. - CIRIA - ISBN: 978-0-86017-684-8.
5. Trailing Suction Hopper Dredging Handbook. Issued by The Training's Institute for Dredging. Coastal and Deep Ocean Dredging, John B. Herbich, Gulf Publishing Company, Houston, Texas, USA, 1975.
6. Dredging and Dredging Equipment, R.J. de Heer and Rochmanhadi, part 1 and 2, IHE, Delft, 1989.
7. Baggetechniek, collegedictaat f14, G.L.M. van der Schrieck, TU Delft, Civiele Techniek, 1996.
8. Constant Tonnage Loading System of Trailing Suction Hopper Dredgers, J. de Koning, Proceedings International Course Modern Dredging, 1977.
9. Nassbaggetechnik, A. Welte, Institut für Maschinenwesen in Baubetrieb, Universität Fridericiana, Karlsruhe, 1993.
10. Further development of loading and unloading processes for Trailing Suction Hopper Dredgers, S. Steinkühler, 14 World Dredging Congress, Amsterdam, 1995.

УДК 629.12

О. В. Соляков,
канд. техн. наук, доц.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОГО СУДОХОДСТВА НА ВНУТРЕННИХ ВОДНЫХ ПУТЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАВИГАЦИОННОЙ АППАРАТУРЫ ПОТРЕБИТЕЛЯ

PROTECTION OF SAFETY NAVIGATION ON THE INLAND WATERWAYS WITH USING NAVIGATION CONSUMER EQUIPMENT

В настоящей статье представлено решение комплексного подхода использования путевых точек в навигационной аппаратуре потребителей (Д) ГНСС ГЛОНАСС/GPS для обеспечения безопасного перехода судна по внутренним водным путям. Рассмотрены последние изменения в Кодексе внутреннего водного транспорта, касающиеся «порядка планирования рейса судна и обеспечения безопасности его плавания», которые дела-

ют более актуальным решение использования путевых точек на маршрутах плавания, что позволяет снизить риски выхода судна за пределы судового хода и обеспечить более точное прогнозирование перехода судна по маршрутам во избежание простоев судов перед гидротехническими сооружениями с целью повышения экономической эффективности работы флота и снижения рисков экологической безопасности судоходства.

This article presents a solution approach using waypoints in the navigation apparatus of consumers (D) GNSS GLONASS/GPS to provide the safety ship's passage on the inland waterways. The last changes in the Code of the inland water transport was examine, relative of «order planning ship's voyage and safety passage», which doing more actual the solution to use waypoints on the navigation routes, that allow to reduce the risks of the vessel to go outside the fairway and to provide a more accurate prediction of ship's passage during voyages to avoid ship's delays before hydraulic facilities, increasing the economic efficiency of the fleet and reduce the risks of environmental safety during shipping.

Ключевые слова: внутренние водные пути, внутренний водный транспорт, безопасность на внутренних водных путях, глобальные навигационные спутниковые системы.

Key words: inland waterways, inland water transport, safety on the inland waterways, global navigation satellite systems.

ТОЧНОЕ нахождение судна на оси судового хода внутренних водных путей (ВВП) обеспечивает судоводителю безопасное судовождение. В целях обеспечения безопасного судовождения на ВВП Министерство транспорта РФ приказом № 280 от 16.12.2010 г. «О реализации постановления Правительства Российской Федерации от 12 августа 2010 г. № 623 «Об утверждении технического регламента о безопасности объектов внутреннего водного транспорта»» определило, что в состав средств навигационного оборудования судов внутреннего водного транспорта: пассажирских, перевозящих опасные грузы, независимо от вместимости, самоходных транспортных судов классов «М» и «О» валовой вместимостью 300 рег. т и более должна быть включена следующая аппаратура:

- приемоиндикаторы глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС) ГЛОНАСС или / ГЛОНАСС GPS с возможностью приёма дифференциальных поправок;
- судовой транспондер автоматической информационной системы (АИС) до даты первого классификационного освидетельствования органом классификации после 1 июля 2012 г., но не позднее 31 декабря 2013 г. [1].

Из проведенных натурных испытаний на ВВП только за последние 2008–2014 гг. следует, что точность определения навигационного объекта, даже с использованием дифференциального режима локальной контрольно-корректирующей станции (ККС), особенно на затрудненных участках, не удовлетворяет требованиям безопасного судовождения. В данном случае под *затрудненными участками* подразумеваются участки, где среднеквадратичная погрешность (СКП) не превышает границы безопасного прохода судна, а именно участки прохождения мостов, перекатов и подходы к гидротехническим сооружениям [2], [3]. Для этого необходимо решить комплекс задач, связанных с обеспечением необходимых точностных характеристик на требуемых участках ВВП РФ:

1. Необходимо обеспечить требуемую точность на основе национальных и международных требований к навигационной аппаратуре потребителей (НАП) и ККС.
2. Определить районы ВВП, где необходимо обеспечить высокую точность позиционирования навигационного объекта.
3. Создать базы маршрутов плавания на ВВП.

Повышение точности позиционирования НАП (Д) ГНСС ГЛОНАСС/GPS на сложных участках в динамике с использованием дифференциального режима можно обеспечить за счет передачи данных по фазе несущей в реальном времени, по методу «Кинематика в реальном времени» *Real Time Kinematic* (RTK).

Для этого необходимо иметь на берегу базовую станцию с антенной и модулем приема сигналов ГНСС ГЛОНАСС/GPS и радиоантенну с направленным углом действия для уменьшения потери мощности. На судне необходимо иметь НАП (Д) ГНСС ГЛОНАСС/GPS с антеннами при-

ема сигналов от береговых радиомаяков в диапазоне СВ частот 283,5–325,0 кГц с дискретностью 500 Гц и УКВ частотами 433,92 МГц $\pm 0,2\%$ [4], [5].

На участках водного пути, где точность с применением дифференциального режима при предельной погрешности определения координат судна $P = 0,95$ СКП = 1 – 5 м приемлема для безопасного судовождения, достаточно будет использовать сигналы локальных ККС. Для участков, где требуется сантиметровая точность, необходимо применять режим РТК.

Известно, что точностные характеристики позиционирования на маршрутах перехода достигаются путем совершенствования системы позиционирования НАП, которая зависит от следующих факторов:

- надежности работы ГНСС ГЛОНАСС/GPS и их функциональных дополнений;
- условий приема спутниковых сигналов и средневолновых сигналов контрольно-корректирующих станций;
- методик обработки полученных сигналов НАП;
- методов создания маршрутов плавания судна.

Использование маршрутных координат в НАП (Д) ГНСС ГЛОНАСС/GPS для внутреннего водного транспорта является лоцманской проводкой, для которой важны следующие основные навигационные элементы (таблица):

- допустимое отклонение судна от оси судового хода;
- знание километража судового хода, на котором находится судно;
- определения точного местоположения судна.

Набор путевых точек на маршруте Москва — Санкт-Петербург

Номер WP	КМ	Широта ПТ	Долгота ПТ	СКП(σ), м	Комментарии	Количество координатных точек
1		56 00,8676 N	037 37,4773 E	1,57		
2		56 01,0014 N	037 37,5677 E	1,57		
3		56 01,1908 N	037 37,8153 E	1,57		
4		56 01,2928 N	037 38,0868 E	1,57		
5		56 01,3561 N	037 38,4524 E	1,20	WP 1 — 5 кривой участок	440
6		56 01,4727 N	037 39,3257 E	1,20	WP 5 –6 прямой участок	267
...						
22	93,3	56 10,0506 N	037 30,7007 E	1,37	WP 18 — 22 кривой участок	1518
Шлюз № 6 канала им. Москвы (93,3 км)						
23		56 10,2378 N	037 30,7429 E	0,74		
24	95,4	56 11,1036 N	037 31,2537 E	0,74	WP 22 — 24 прямой участок	952
Шлюз № 5 канала им. Москвы (95,4 км)						
25		56 11,2623 N	037 31,3820 E	1,14		
26		56 11,8659 N	037 31,7840 E	1,14		
...						
30		56 14,7193 N	037 31,9083 E	1,14		
31	103,3	56 15,1506 N	037 31,3058 E	1,14	WP 25 — 31 кривой участок	2358
Шлюз № 4 канала им. Москвы (103,3 км)						
32		56 15,5523 N	037 30,6355 E	0,80	WP 31–32 прямой участок	498

Для создания маршрутов перехода судна обычно используются следующие методы ввода путевых точек (ПТ). В приведённой таблице приведены наборы ПТ с результатами обработки и корректуры КТ на маршруте ВВП Москва — Санкт-Петербург.

1-й метод. Создание ПТ по координатным точкам (широта ϕ и долгота λ), снятым с карты. В данном случае погрешность ПТ определяется точностью и масштабом навигационной карты, которые должны иметь координатную сетку.

2-й метод. Создание ПТ в системах отображения электронных навигационных карт и информации (СОЭНКИ) с помощью электронной карты. Для этого метода существуют ограничения, связанные с точностью и масштабом электронной карты и наличием СОЭНКИ, которые устанавливаются на крупнотоннажных речных судах.

3-й метод. Создание ПТ в НАП ГНСС с сохранением их текущих координат непосредственно в памяти приемника.

Ввод текущих путевых точек для создания маршрута плавания непосредственно с использованием НАП (режим MARK или WP), в отличие от морских условий, нельзя рекомендовать для ВВП в силу целого ряда причин, основными из которых являются дополнительные погрешности управления судном и большое количество путевых точек на маршруте.

Учитывая существующее состояние картографического обеспечения ВВП, использование НАП Д (ГНСС) ГЛОНАСС/GPS представляется возможным только в комплексе с установкой СОЭНКИ.

4-й метод. Создание ПТ методом обработки и корректуры координатных точек (КТ). (Подробно рассмотрено в [6] – [8]).

Этот метод обеспечивает высокую экономическую эффективность создания библиотек маршрутов, но представляется достаточно трудоемким процессом для судоводительского состава, особенно с учетом частой корректуры путевых условий. Поэтому целесообразно, чтобы наборы ПТ и маршрутов рассматривались в качестве самостоятельного продукта картографического обеспечения ВВП.

Следует отметить, что разработка и корректура электронных навигационных карт представляется значительно более сложной и менее оперативной процедурой в отличие от создания маршрутов плавания для ВВП. Возможности широкого автономного внедрения НАП и систем управления траекторией на судах смогут обеспечить использование набора путевых точек как самостоятельного продукта картографического обеспечения ВВП.

Представленный в настоящей статье комплексный подход позволит решить важный вопрос для судоводителя, требуемый на федеральном уровне в «Кодексе внутреннего водного транспорта РФ», ст. 34.1 «Система управления безопасностью судов» п. 12 «порядок планирования рейса судна и обеспечения безопасности его плавания» на разных по сложности участках ВВП с использованием НАП (Д) ГНСС ГЛОНАСС/GPS, что позволит снизить риски выхода судна за пределы судового хода, обеспечит более точное прогнозирование его перехода по маршрутам, во избежание простоев судов перед гидротехническими сооружениями, повысит экономическую эффективность работы флота и уменьшит риски экологической безопасности судоходства [9], [10].

Список литературы

1. Приказ Министерства транспорта РФ № 280 от 16.12.2010 г. «О реализации постановления Правительства Российской Федерации от 12 августа 2010 г. — № 623.
2. Соляков О. В. Концептуальный подход использования спутниковой навигации на внутренних водных путях / О. В. Соляков // Тез. докл. третьей Международ. конф. по развитию портов и судоходства. Круглый стол «Развитие судоходства по внутренним водным путям России», 3 октября 2012 г., ЛЕНЭКСПО, СПб., Россия. — СПб.: СПб.ГУВК, 2012. — С. 55–58.

3. Соляков О. В. Спутниковые технологии в автоматизированных системах управления движением судов на внутренних водных путях. Forum of Young Maritime Leaders «Abstracts of papers» / О. В. Соляков // Тез. докл. Форума молодых морских лидеров, 01 июня 2012 г., Центральный морской музей, СПб., Россия. — СПб.: СПбГМТУ, НТОС им. акад. А. Н. Крылова, 2012. — С. 113–116.
4. Зуев В. Ф. Основные аспекты повышения точности местоопределения судов на сложных участках внутренних водных путей / В. Ф. Зуев, О. В. Соляков // Журнал университета водных коммуникаций. — 2012. — № 3. — С. 160–164.
5. Гусев А. К. Требования к спутниковому позиционированию на внутренних водных путях России / А. К. Гусев, О. В. Соляков // Журнал университета водных коммуникаций. — 2012. — № 4. — С. 131–134.
6. Ракитин В. Д. Применение аппроксимации случайных процессов с целью получения координат путевых точек на ВВП / В. Д. Ракитин, О. В. Соляков // Межвузов. сб. науч. тр. ТСС и С на морских внутренних водных путях / под ред. д-ра техн. наук, проф. А. А. Сикарева. — СПб.: СПб.ГУВК, 2005. — С. 142–149.
7. Зуев В. Ф. Методика пост процессорной обработки маршрутов плавания и их корректуры с учетом специфики движения на внутренних водных путях / В. Ф. Зуев, В. Д. Ракитин, О. В. Соляков // Международ. науч.-практ. конф., посвященная 200-летию подготовки кадров для водного транспорта России «Водные пути России: строительство, эксплуатация, управление». — СПб.: СПб.ГУВК, 2009. — С. 95–98.
8. Соляков О. В. Методика создания маршрутов плавания на внутренних водных путях. Региональная информатика (РИ-2012) / О. В. Соляков // Юбилейная XIII Санкт-Петербургская международ. конф. «Региональная информатика (РИ-2012)»: тр. конф. Санкт-Петербургского об-ва информатики, вычислительной техники, систем связи и управления. — СПб., 2013. — С. 250–253.
9. Кодекс внутреннего водного транспорта (КВВТ РФ) от 07.03.2001 № 24-ФЗ.
10. Дмитриев В. И. К вопросу планирования и осуществлению рейса судна на внутренних водных путях (экологическая безопасность) / В. И. Дмитриев, О. В. Соляков // Материалы тезисов VII Российской науч.-техн. конф. «Навигация, гидрография и океанография: приоритеты развития и инновации морской деятельности», 18 — 20 мая 2011 г. — СПб.: ОАО ГНИНГИ, 2011. — С. 78–80.

УДК 656.61.052:621.396.6:629.12.018(075.8)

С. Ф. Шахнов,
канд. техн. наук, доц.

РАСЧЕТ ФУНКЦИИ ОСЛАБЛЕНИЯ ПОЛЯ КОНТРОЛЬНО-КОРРЕКТИРУЮЩИХ СТАНЦИЙ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

CALCULATION OF FUNCTION FIELD WEAKENING OF THE CONTROL AND CORRECTION STATIONS TAKING INTO ACCOUNT THE INFLUENCE OF THE UNDERLYING SURFACE

Рассматривается проблематика построения речной локальной дифференциальной подсистемы ГЛОНАСС/GPS автоматизированной системы управления движением судов на внутренних водных путях России. Выявлена основная трудность при расчете топологии поля контрольно-корректирующих станций, составляющих основу локальной дифференциальной подсистемы. Предложена методика расчета функции ослабления и напряженности поля радиоканалов контрольно-корректирующих станций. Определяются границы применимости уравнения Хаффорда для сферической поверхности, используемого для