

УДК 656.61.052

УБЕЗПЕЧЕННЯ МОРЕПЛАВСТВА ШЛЯХОМ КОНТРОЛЮ СПОСТЕРЕЖУВАНОСТІ НАВІГАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ

Р. Габрук, кандидат технічних наук, докторант,
І. Горішна, аспірант,
Національний університет «Одеська морська академія»

Убезпечувати мореплавство пропонується шляхом підвищення рівня знань судноводіїв стосовно можливості гарантованого визначення місця судна та його кінематичних параметрів. Сформовано умову спостережуваності навігаційних параметрів для супутникових радіонавігаційних систем.

It is offered to ensure safety of navigation by raising navigator's knowledge level about the possibility of guaranteed determination of ship's position and her kinematic parameters. The condition of navigation parameters observability for satellite navigation systems was formed.

Ключові слова: радіонавігація, спостережуваність навігаційних параметрів, просторово-часове опрацювання сигналів, безпека мореплавства.
Keywords: radio navigation, navigation parameters observability, the space-time signal processing, safety of navigation.

Можливості супутникових радіонавігаційних систем (СРНС) використовуються для вирішення навігаційних завдань в широкому діапазоні сфер людської діяльності цивільного і військового характеру. Особливу увагу слід приділити завданням, пов'язаним з безпекою руху всіх типів суден. Гарантоване визначення місця судна і параметрів його руху є запорукою безпеки мореплавства, особливо поблизу навігаційних небезпек, коли використання СРНС — єдино доступний надійний метод.

На етапі розробляння СРНС сформульовано вимоги споживачів до навігаційного забезпечення транспортних засобів, таких як морські судна та судна річкового флоту [1]. Це вимоги до глобальності навігаційно-часового забезпечення, безперервності у часі та просторі, необмеженості числа споживачів системи, точності визначення трьох просторових координат навігаційного об'єкта, трьох його складових вектора швидкості й поточного часу.

Зазначені вимоги певною мірою задовольняються досягнутими в СРНС вибором параметрів орбіт навігаційних супутників (НС), взаємним розташуванням НС на цих орбітах і реалізованими способами часового опрацювання сигналів, що включають методи пасивних далекомірних і доплерівських вимірювань, відомих із теорії пасивної радіолокації [2,3]. Для передавання високоточних даних щодо параметрів руху НС використовуються широкосмугові шумоподібні сигнали достатньої потужності, випромінювані НС, і відповідні технічні рішення апаратури споживача (АС).

Мета цієї статті — пошук можливостей забезпечення мореплавства шляхом гарантування надійного визначення місця судна за допомогою СРНС.

ВИКЛАД МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕННЯ З ОБґРУНТУВАННЯМ ОТРИМАНИХ НАУКОВИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Ключову роль у процесі забезпечення практичної навігації грає спостережуваність навігаційних параметрів. Під спостережуваністю навігаційних параметрів,



Р. Габрук



І. Горішна

оцінюваних під час навігаційного визначення, розуміють принципову можливість їх отримання. Існують *три підходи* за аналізу можливості спостережуваності.

Перший підхід пов'язаний з аналізом спостережуваності як принципової можливості навігаційних визначень із урахуванням математичного розв'язання рівнянь, що відповідають навігаційним вимірюванням, за їх кількістю і чутливістю до обумовлених параметрів. Спостережуваність, що відповідає цьому підходу, називається ідеальною спостережуваністю.

Другий підхід пов'язаний з реальною спостережуваністю, під якою розуміється принципова можливість навігаційних визначень із урахуванням особливостей навігаційних конструктивних алгоритмів.

Третій підхід пов'язаний з потенційною спостережуваністю, що характеризується принциповою можливістю навігаційних визначень незалежно від характеру використовуваних навігаційних алгоритмів, які впливають на реальну спостережуваність, і від моделей зв'язку визначених і вимірюваних параметрів, що враховуються за аналізу ідеальної спостережуваності.

Реальну спостережуваність навігаційних параметрів слід аналізувати, записуючи систему навігаційних рівнянь у матричній формі та виявляючи властивості складових. Для методу псевдодальності, який використовується у СРНС, система навігаційних рівнянь записується у виді:

$$\begin{cases} R_1^2 = (X - X_1)^2 + (Y - Y_1)^2 + (Z - Z_1)^2 + c \cdot \Delta t \\ R_2^2 = (X - X_2)^2 + (Y - Y_2)^2 + (Z - Z_2)^2 + c \cdot \Delta t \\ R_3^2 = (X - X_3)^2 + (Y - Y_3)^2 + (Z - Z_3)^2 + c \cdot \Delta t \\ R_4^2 = (X - X_4)^2 + (Y - Y_4)^2 + (Z - Z_4)^2 + c \cdot \Delta t \end{cases} \quad (1)$$

де R_1, R_2, R_3, R_4 , — відомі вимірювані псевдодальності до першого, другого, третього і четвертого НС відповідно; X, Y, Z — невідомі координати в прямокутній глобальній системі координат з центром в центрі Землі (далі «прямокутна глобальна система координат»); $X_1, Y_1, Z_1, X_2, Y_2, Z_2, X_3, Y_3, Z_3, X_4, Y_4, Z_4$ — відомі координати відповідно першого, другого, третього і четвертого НС у глобальній прямокутній системі координат, які визначають із закодованого сигналу; c — швидкість світла у вакуумі; Δt — час неузгодженості системного часу СРНС і таймера АС на борту судна.

Віднімаючи від першого рівняння друге в системі (1), від другого третє і від третього четверте рівняння, отримуємо систему з трьох рівнянь виду:

$$\begin{aligned} R_k^2 - R_{k+1}^2 &= -2X(X_k - X_{k+1}) + X_k^2 - X_{k+1}^2 - \\ &- 2Y(Y_k - Y_{k+1}) + Y_k^2 - Y_{k+1}^2 - \\ &- 2Z(Z_k - Z_{k+1}) + Z_k^2 - Z_{k+1}^2 \end{aligned} \quad (2)$$

$$k = 1, \dots, M - 1.$$

Тут M — число НС, необхідних для розв'язання системи рівнянь (1), із умови ідеальної спостережуваності дорівнює чотирьом. Увівши такі позначення:

$$R_{sq,\Delta} = \begin{bmatrix} R_1^2 - R_2^2 \\ R_2^2 - R_3^2 \\ R_3^2 - R_4^2 \end{bmatrix}, \quad (3)$$

$$X_\Delta = -2 \cdot \begin{bmatrix} X_1 - X_2 & Y_1 - Y_2 & Z_1 - Z_2 \\ X_2 - X_3 & Y_2 - Y_3 & Z_2 - Z_3 \\ X_3 - X_4 & Y_3 - Y_4 & Z_3 - Z_4 \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$X_{sq,\Delta} = \begin{bmatrix} X_1^2 - X_2^2 & Y_1^2 - Y_2^2 & Z_1^2 - Z_2^2 \\ X_2^2 - X_3^2 & Y_2^2 - Y_3^2 & Z_2^2 - Z_3^2 \\ X_3^2 - X_4^2 & Y_3^2 - Y_4^2 & Z_3^2 - Z_4^2 \end{bmatrix}, \quad (5)$$

отримуємо:

$$R_{sq,\Delta} = X \cdot X_\Delta + X_{sq,\Delta}, \quad (6)$$

звідки вектор невідомих навігаційних параметрів визначається як

$$X = X_\Delta^{-1} \cdot (R_{sq,\Delta} - X_{sq,\Delta}). \quad (7)$$

Із (7) випливає, що реальна спостережуваність навігаційних параметрів визначається властивостями матриці X_Δ із (4) і в загальному випадку вимагає, щоби матриця X_Δ була добре обумовленою, тобто як мінімум має виконуватися така умова:

$$\det X_\Delta \neq 0 \quad (8)$$

Особливості матриці X_Δ залежать від геометричного фактора фактичного місцезнаходження НС у СРНС. Значна роль належить і стратегії навігації, вибір якої визначає вибір методів вимірювань, тривалість вимірювальних інтервалів і кількість вимірювань, алгоритмів опрацювання вимірювань і системи координат, в яких ведеться навігаційне визначення. Всі ці складові впливають на реальну спостережуваність навігаційних параметрів, а отже і на забезпечення мореплавання суден.


Матриця X_Δ стає виродженою, якщо будь-який із стовпців або рядків (4) містить нульові значення. Це практично означає, що за перебування НС в одній площині не існує матриці, зворотної (4), і тому рівняння (7) і, отже, система рівнянь (1) не має розв'язку. Це свідчить стосовно відсутності реальної спостережуваності навігаційних параметрів навіть у разі наявності у сфері видимості необхідної кількості НС, сигнали від яких можуть бути прийняті, опрацьовані, а отже, отримані значення координат НС.

ВИСНОВКИ І ПЕРСПЕКТИВА ПОДАЛЬШОЇ РОБОТИ ЗА НАПРЯМКОМ

Отже, для гарантування надійного визначення місця судна і його кінематичних параметрів, а відтак, і для забезпечення мореплавства необхідне дотримання сформульованої в роботі умови (8). Умова (8) не завжди може бути виконана на окремих просторових або часових ділянках експлуатації судна, що викликає необхідність постійного контролю її дотримання.

Перспективними є дослідження у сфері спостережуваності навігаційних параметрів для інших систем визначення місця судна, формування зручної форми представлення наочної інформації стосовно поточної спостережуваності навігаційних параметрів різних систем визначення місця судна для прийняття рішень щодо забезпечення навігаційної безпеки, а також пов'язані з розробленням комплексів підтримання прийняття рішень судноводіями.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ / REFERENCES

1. Алешин Б.С. Ориентация и навигация подвижных объектов: современные информационные технологии / Борис Сергеевич Алешин. — М.: Физматлит (B.S. Alioshin. Orientation and navigation of mobile objects: Modern Information Technology / Boris Sergeevich Alioshin. — Moscow: Physmatlit), 2006 — С/Р. 422.
2. Кремер А.И. Пространственно-временная обработка сигналов / А. Кремер, В. Петров. — М.: Радио и связь (A.I. Kremer. Space-time signal processing work / A. Kremer, V. Petrov — Moscow: Radio and Communication), — 1984. — С/Р. 224.
3. Перова А.И. Глобальная спутниковая радионавигационная система ГЛОНАСС / А. Перова, В. Болдина; Под ред. В.Н. Харисова. — М.: ИПРЖР (A. Perova. Global satellite radionavigation system GLONASS / Perova A., V. Boldina; Edited by V.N. Harisov — Moscow: IPRZHR), — 1998. — С/Р. 400.
4. Соловьёв Ю.А. Системы спутниковой навигации / Юрий Александрович Соловьёв. — М.: Эко-Трендз (A. Soloviov. Satelite Navigation Systems / Yuri Alexandrovich Soloviov — Moscow: Eco-Trends), — 2000. — С/Р. 267.
5. Ширман Я.Д. Теория и техника обработки радиолокационной информации на фоне помех / Я. Ширман, В. Манжос. — М.: Радио и связь (Ya.D. Shirman. Theory and Radar Information Processing Technology with interferences as a background/ Ya.D. Shirman, V. Manzhos. — Moscow: Radio and Communications), — 1981. — С/Р. 416. 

Отримано / received: 04.07.2016.

Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. В.В. Гавриленком (Україна).
Prof. V.V. Gavrylenko, D. Sc. (Techn.), Ukraine, recommended this article to be published.

ВАЖЛИВИЙ КРОК В РЕФОРМІ СТАНДАРТИЗАЦІЇ

Ключовими принципами реформи системи технічного регулювання і стандартизації є прозорість, відкриті відносини з бізнесом і якісний сервіс. Для реалізації цих принципів необхідні ефективні маркетингові рішення. Її ребрендинг Національного органу стандартизації — одне з таких рішень. Про це розповів заступник Міністра економічного розвитку і торгівлі України Максим Нефьодов.

За останні півтора роки реформа системи технічного регулювання досягла значних результатів. Були затверджені базові Закони і підзаконні акти, був здійснений перехід від обов'язкової сертифікації пост-радянського зразка до європейської системи оцінки відповідності техрегламентам. Застарілі ГОСТи перестали бути обов'язковими: було скасовано понад 15000 радянських стандартів. «Змінюються і ключові принципи системи: ми пере-

стаємо бути контролерами бізнесу і перетворюємося на партнерів», — підкреслив Максим Нефьодов.

Зі свого боку директор департаменту технічного регулювання і метрології Мінекономрозвитку Леонід Віткін зазначив, що в рамках реформи було прийнято 5283 стандартів та змін до них, із яких 4968 — гармонізовано з європейськими та міжнародними. Крім того, Міністерство створило інфраструктуру органів з оцінки відповідності, оновило обладнання для лабораторій. Була проведена реорганізація Національного агентства України з акредитації (НААУ), завершено перехід на міжнародну модель сертифікації автомобілів. «Ми крок за кроком виконуємо пункти Стратегії розвитку системи технічного регулювання на період до 2020 року, і в деяких питаннях навіть ідемо швидше за графік», — розповів Леонід Віткін.

За матеріалами Мінекономрозвитку України