

Тихонов І.В., Богом'я В.І., Пліта Л.Л., Бажак О.В.

МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ СУДНОВОДІННЯ

На теперішній час для забезпечення гарантованого рівня достовірності, точності та оперативності навігації використовують прогресивні технологічні рішення на основі супутникової навігації. Аналіз закордонного та вітчизняного досвіду розробки та впровадження систем навігації, які використовують GNSS свідчить про можливість значного підвищення їх ефективності за рахунок розвитку математичного забезпечення та використання так званих локальних радіонавігаційних систем. Найбільш актуальним в цьому напрямку є використання локальних (псевдосупутникових) радіонавігаційних систем які працюють в форматі GNSS-сигналів саме зі змінною або гнучкою структурою. В таких системах радіонавігаційні точки є мобільними, а це дає змогу оперативне забезпечити задану точність навігації в окремому районі судноводіння.

Ключові слова: *навігаційне забезпечення, достовірність, точність та оперативність, псевдосупутникових) радіонавігаційних систем, GNSS-сигнали*

Вступ. На основі аналізу джерел [1–3, 5–7] можна зробити висновок, що на практиці не існує такої локальної (псевдосупутникової) багатопозиційної РНС, яка могла б достатньо ефективно функціонувати в умовах забезпечення суден високоточною навігацією. Більшість розглянутих типів структур побудовані з припущенням абсолютної надійності та живучості складових елементів і якщо для РСДН та РСБН цей підхід є виправданим з точки зору їх призначення через низьку мобільність та високу вартість елементів систем, то для псевдосупутникових РНС, призначених для функціонування в мобільності створення зони безпечного позиціонування, та з урахуванням значно нижчої вартості системоутворюючих елементів, вищезазначені підходи є недоцільними. Введення ж багатократної структурної надмірності без урахування можливості управління нею шляхом оптимізації просторово-часового випромінювання радіонавігаційної інформації з метою підвищення точності та надійності навігації призводить лише до зайвої перевитрати ресурсів.

Актуальність дослідження визначається невідповідністю існуючих способів побудови псевдосупутникових та багатопозиційних РНС вимогам до них. Основними факторами, які враховуються при синтезі просторових структур багатопозиційних РНС, є геометричний фактор та ефективність комплектуючих (радіонавігаційних точок).

Варте звернути увагу на те, що з точки зору теорії автоматичного управління (ТАУ) [4, 8], системи управління застосовуються для вирішення трьох основних типів задач:

стабілізація, тобто підтримання заданого режиму роботи, який не змінюється тривалий час;

програмне управління – управління за задалегідь визначеною програмою;
слідкування за невідомим задаючим сигналом.

Виходячи з цього, для управління зміною просторово-часового випромінювання радіонавігаційної інформації обране програмне управління з застосуванням контролю цілісності системи та можливістю урахування і усунення наслідків нештатних ситуацій

в процесі функціонування ПСРНС шляхом перерозподілу працездатних РНТ між сузір'ями.

Отже, актуальним є нове наукове завдання щодо розробки нових моделей та методів підвищення безпеки судноводіння на основі локальної радіонавігаційної системи з гнучкою структурою, відшукування оптимального програмного управління просторово-часовою структурою локальної радіонавігаційної системи з гнучкою структурою на основі вирішення оптимізаційної задачі.

Для розгляду обраний варіант системи, що складається з мереж повітряних та наземних псевдосупутників, а також множини характерних точок простору, у яких необхідно забезпечити навігацію споживачів з заданою точністю.

Постановка завдання синтезу програмного управління змінною структурою

У формалізованій постановці завдання синтезу програмного управління змінною структурою ПСРНС полягає у визначенні деякого оптимального вектора управління $U(t)$, за якого функція вартості $C(\Theta)$ набуває мінімуму, при умові, що показник ефективності системи знаходиться в області допустимих значень $P_{\sigma}(\Theta) \geq \beta$:

$$\forall \Theta \in Q^{\circ}, U(t): C(\Theta) \rightarrow \min . \quad (1)$$

У якості обмежень прийняті обмеження щодо видимості мінімально необхідної кількості ПС у полі зору кожного споживача, кількості видимих наземних ПС у полі зору кожного повітряного ПС та обмеження щодо часу випромінювання РНІ визначеним сузір'ям РНТ.

До складу вектора параметрів системи Θ входять: координати радіонавігаційних точок (системоутворюючих елементів) та характерних точок споживачів, значення показників надійності, живучості, вартості елементів системи та точності прив'язки їх до системи координат, а також характеристики літальних апаратів, які застосовуються у якості носіїв повітряних елементів системи. Можливі відмови враховується через значення показників живучості радіонавігаційних точок, а геометричний фактор – через параметри відносного просторового розташування передавачів РНІ та приймачів споживача.

Вирішення наукового завдання потребує розв'язання ряду протиріч: щодо достатньої кількості і розташування системоутворюючих елементів (радіонавігаційних точок) та щодо необхідного складу випромінюючих сузір'їв і часу безперервного випромінювання ними радіонавігаційної інформації. Так, з одного боку, для забезпечення достатньої ефективності структура повинна мати якомога більшу кількість РНТ, а з іншого, з метою недопущення перевитрат ресурсів, – бути максимально обмеженою.

З точки зору доцільного розташування елементів системи то, забезпечення високої точності навігації є можливим за умови розосередження мережі РНТ. Стосовно часу безперервного випромінювання радіонавігаційної інформації визначеними сузір'ями РНТ, то, з одного боку, він має бути якомога більшим для забезпечення стійкості та безперервності навігаційних визначень, а з іншого боку – бути не більшим, ніж час, що необхідний для забезпечення безпечного позиціонування. Вирішення зазначених протиріч і складає суть вирішення наукового завдання.

Визначення вимог практики щодо створення структури радіотехнічних систем дальньої та ближньої навігації

Для забезпечення живучості супутникових радіонавігаційних систем (СРНС)

передбачається застосування активних та пасивних заходів. Пасивні засоби, зокрема, передбачають оптимізацію просторової структури СРНС: розташування НКА на якомога більшій кількості орбіт на відстанях, які виключатимуть одночасне виведення з ладу більш як одного НКА одним антисупутником.

Аналіз можливих варіантів побудови структур РСДН та РСБН свідчить, що основним чинником, який визначає конфігурацію структури системи, є необхідність досягнення максимальної точності визначення місцеположення споживача у межах заданої робочої області. При цьому питанням стійкості навігаційного забезпечення споживачів на основі гнучкості (зміни) її структури увага практично не приділялась.

Аналіз літератури, яка присвячена принципам та способам побудови супутникових РНС [1–3, 5–10], дає змогу зробити висновок, що у якості основних критеріїв синтезу СРНС, як і в попередньому випадку, обрана максимальна точність визначення вектора стану споживача, а також забезпечення достатньої кратності покриття земної поверхні радіонавігаційним полем СРНС.

Таким чином, на основі проведеного аналізу можна зробити висновок, що структури радіотехнічних систем дальньої та ближньої навігації створюються без урахування особливостей функціонування в умовах позаштатних ситуацій (наприклад, відмов), тобто без просторового резервування, що може призвести не лише до погіршення точності навігаційних визначень, зменшення робочих зон системи, порушення обслуговування в певних районах, але й до катастрофічних наслідків – порушення функціонування системи навігаційного забезпечення на значних територіях протягом тривалих періодів часу.

Наявність надмірності в структурах СРНС пов'язана лише з необхідністю зменшення тривалості періодів недостатньої точності та кратності покриття і не враховує можливого виходу з ладу окремих космічних апаратів (КА). Також можливість оперативної зміни структури системи не досліджувалася.

Оскільки умови функціонування псевдосупутникових РНС значно відрізняються від умов застосування інших багатопозиційних РНС, очевидним є те, що зазначені способи побудови їх просторових структур для псевдосупутникової системи є неприйнятними.

Тому розглянемо особливості синтезу локальної радіонавігаційної системи з гнучкою структурою

Формалізація задачі синтезу локальної радіонавігаційної системи з гнучкою структурою

Нехай існує деякий простір E у межах якого необхідно створити радіонавігаційне поле. Необхідно спроектувати таку структуру мережі псевдосупутників S^E та визначити такий алгоритм управління зміною просторово-часового випромінювання радіонавігаційної інформації $U_S(t)$, щоб при функціонуванні псевдосупутникової РНС протягом визначеного часу T_ϕ з урахуванням можливої втрати окремих елементів структури точність навігації усіх споживачів була не гіршою деякого заздалегідь встановленого значення σ^{max} .

Для подальшої формалізації задачі введемо наступні припущення:

1. Для розгортання мережі НПС з урахуванням наявної інфраструктури завчасно визначається сукупність реперних точок, які точно прив'язані до геодезичної мережі країни. У якості позицій для наземних псевдосупутників (ПНПС) можуть використовуватись природні узвишся на місцевості, високі будівлі, вежі, башти та ін.

2. Мережа зон для баражування ППС визначається безпосередньо перед розгортанням псевдосупутникової РНС виходячи з обстановки, що склалася. Кожна

зона характеризується опорною точкою повітряного псевдосупутника (ОТППС), що описується вектором параметрів, який відноситься до центру зони.

3. Усі літальні апарати, які використовуються у якості носіїв ППС, є однотипними.

4. Показники живучості ППС та ОТППС обчислюються на етапі проектування системи на основі апіорної інформації. У роботі прийнято, що значення показників живучості є функцією часу та просторових координат ППС та ОТППС $P_{ij}^* = P(\phi_{i,j}, \lambda_{i,j}, h_{i,j}, t_{i,j})$, де i – тип псевдосупутника, j – номер псевдосупутника даного типу.

5. Результатом потоку технічних відмов є припинення роботи окремих елементів структури системи. Втрачені елементи не відновлюються та не замінюються.

6. Час функціонування системи є набагато меншим за ресурс обладнання псевдосупутників, тому показник надійності (імовірність безвідмовної роботи обладнання протягом часу T_ϕ) вважається сталою величиною.

7. З метою спрощення моделі не враховуються деякі похибки вимірювання псевдодалекостей, що не впливають на визначення просторової структури системи, зокрема:

- похибки синхронізації шкал часу псевдосупутників;
- похибки, викликані розповсюдженням сигналів у тропосфері;
- похибки багатопроменевості;
- похибки, що зумовлені шумами приймача та завадами.

8. Синтез структури системи достатньо здійснювати лише на основі порівняння точностей визначення координат споживача, оскільки вплив конфігурації системи на точність визначення складових швидкості є аналогічним [2, 3].

З метою формалізації задачі структуру псевдосупутникової РНС доцільно представити у вигляді орієнтованого графа $G(Z, W)$ [4, 5] (рис. 1), де Z – множина вершин графа, W – множина дуг графа G . Вершини графа розташовані у трьох рівнях: X, Y, E . Відповідно, множина вершин Z складається з підмножин $Z^X \cup Z^Y \cup Z^E = Z$.

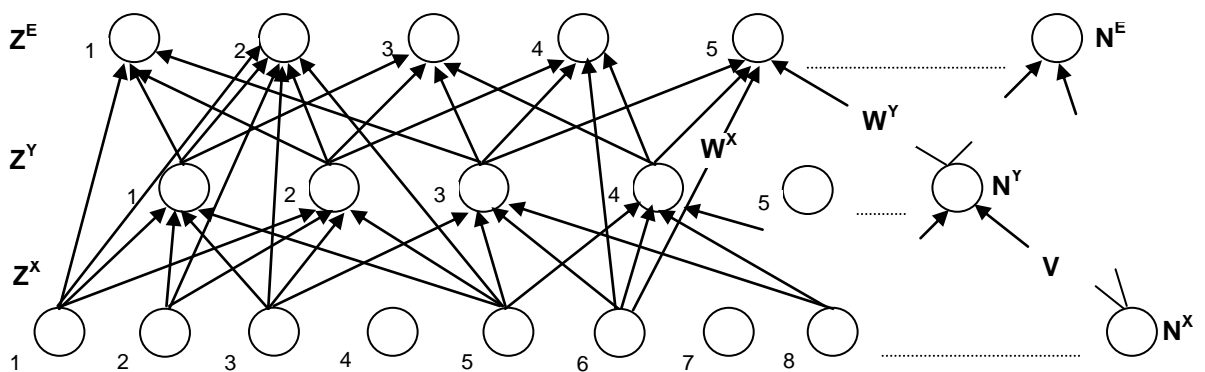


Рисунок 1 – Граф структури локальної радіонавігаційної системи з гнучкою структурою

Навігаційний простір E визначається множиною характерних точок споживачів Z^E , параметри яких описуються матрицею $\mathbf{E} = \left\| \mathbf{e}_1, \dots, \mathbf{e}_p, \dots, \mathbf{e}_{N^E} \right\|^T$, сукупність

повітряних псевдосупутників утворює множину вершин графа Z^Y , елементи якої описуються матрицею $\mathbf{B} = \left\| \mathbf{b}_1, \dots, \mathbf{b}_j, \dots, \mathbf{b}_{N^Y} \right\|^T$, а сукупність наземних псевдосупутників утворює множину вершин графа Z^X , елементи якої описуються матрицею $\mathbf{A} = \left\| \mathbf{a}_1, \dots, \mathbf{a}_i, \dots, \mathbf{a}_{N^X} \right\|^T$ [5, 6].

Множина дуг W зображеного графа $G(Z, W)$ описує наявність прямої видимості між елементами структури і може бути представлена у вигляді

$$W = \{W^X, W^Y, V\}, \quad (2)$$

де W^X – матриця прямої видимості між споживачами та НПС;

W^Y – матриця прямої видимості між споживачами та ППС;

V – матриця прямої видимості між ППС та НПС.

Для опису стану мережі НПС додатково вводиться вектор $\mathbf{X}(U(t)) = (X_1, \dots, X_{N^X})$, $X_i \in \{0, 1\}$, $i = \overline{1, N^X}$, який визначає стан НПС: 1 – випромінюючий, 0 – не випромінюючий. Аналогічно для мережі ППС вводиться вектор $\mathbf{Y}(U(t)) = (Y_1, \dots, Y_{N^Y})$, $Y_j \in \{0, 1\}$, $j = \overline{1, N^Y}$, який визначає стан ППС.

Перевірка умови радіовидимості здійснюється за окремим алгоритмом [5, 7] на основі даних про рельєф місцевості, який представлений матрицею [8, 9]

$$\mathbf{G} = \left\| G_{i,j} \right\|, \quad i = \overline{1, M^G}, \quad j = \overline{1, N^G}.$$

Параметри ЛА-носіїв ППС задаються вектором $\mathbf{L} = (\sigma^x, \sigma^y, \sigma^z, \sigma^t, c^L)$, складовими якого є середньоквадратичні похибки (СКП) $\sigma^x, \sigma^y, \sigma^z, \sigma^t$ витримання траєкторії у літаковій системі координат та вартість виконання завдання повітряним псевдосупутником c^L .

Матриці параметрів $\mathbf{A}, \mathbf{B}, \mathbf{E}$, вектор параметрів літальних апаратів \mathbf{L} та вектори стану мереж $\mathbf{X}(U(t)), \mathbf{Y}(U(t))$ визначають загальний стан системи і можуть бути зведені у вектор $\mathbf{\Theta} = (\mathbf{X}(U(t)), \mathbf{Y}(U(t)), \mathbf{A}, \mathbf{B}, \mathbf{E}, \mathbf{L})$.

З урахуванням цього, можна сформулювати основні вимоги та обмеження, які необхідно врахувати при синтезі просторової структури локальної радіонавігаційної системи з гнучкою структурою та управління наявною надмірністю шляхом просторово-часової зміни структури системи:

1. Система вважається працездатною, коли у полі зору кожного ППС є не менше m^{vid} НПС, а у полі зору споживача не менше m^{min} псевдосупутників будь-якого типу [8–10]

$$\sum_{i=1}^{N^X} W_{\rho,i}^X + \sum_{j=1}^{N^Y} W_{\rho,j}^Y \geq m^{min}, \quad \forall \rho = \overline{1, N^E}, \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^{N^X} V_{j_k, i} \geq m^{vid}, \forall k = \overline{1, N^L}. \quad (4)$$

2. Необхідною умовою забезпечення відмовостійкості системи є завчасно задана деяка структурна надмірність, тобто при проектуванні вимагається наявність у полі зору споживача не менше ніж $m_{необх} = m^{\min} + \Delta m$ (де Δm – деяка надмірність) псевдо супутників [11–13].

3. Час безперервного випромінювання РНІ визначеним сузір'ям радіонавігаційних точок має бути не меншим, ніж час, необхідний для здійснення хоча б одного циклу навігаційних визначень, але не більшим, ніж час, необхідний противнику для розвідки та ураження випромінюючих РНТ [14]

$$t_{1ц}^{HB} \leq t_{випр. S_\alpha} < (t_{розв.} + t_{ураж.}), \forall S_\alpha = \overline{1, N^J}. \quad (5)$$

4. Точність визначення вектора стану i -го споживача σ_i з урахуванням стохастичності просторової структури системи має бути з заданою імовірністю β не гіршою деякого заздалегідь встановленого значення σ^{\max} [13–15]

$$P_\sigma(\Theta) \geq \beta. \quad (6)$$

5. Визначені параметри опорних точок для розташування ППС не повинні виходити за встановлені технічні обмеження для ЛА-носіїв.

Вектори стану мереж $\mathbf{X}(U(t))$ та $\mathbf{Y}(U(t))$ є змінними параметрами системи. Значеннями зазначених векторів є булеві змінні $\{0,1\}$, які визначають вибір тих чи інших радіонавігаційних точок для випромінювання РНІ. Розмірність векторів $\mathbf{X}(U(t))$ та $\mathbf{Y}(U(t))$ відповідає кількості обраних для оптимізації точок відповідних мереж [16, 17].

Матриці $\mathbf{A}, \mathbf{B}, \mathbf{E}$ та вектор \mathbf{L} задаються на етапі проектування і у процесі оптимізації не змінюються.

Отже, до початку вирішення задачі відомими є наступні вихідні дані, які водночас є вхідними параметрами математичної моделі системи:

1. Параметри та кількість характерних точок споживача \mathbf{S}^E , у яких необхідно створити високоточне навігаційне поле (матриця \mathbf{E}).

2. Параметри та кількість опорних точок ППС, визначених для польоту ЛА-носіїв ППС (матриця \mathbf{B}).

3. Параметри та кількість репених точок у районі навігації, які можуть бути використані у якості позицій НПС (матриця \mathbf{A}).

4. Параметри ЛА-носія ППС (вектор \mathbf{L}) та кількість ЛА (N^L).

5. Параметри рельєфу місцевості у визначеному районі (матриця \mathbf{G}).

Взаємозв'язок вихідних даних та їх зв'язок з кінцевими характеристиками зображений на рис. 2, який визначає функціональну схему системи.

З точки зору теорії автоматичного управління [8, 9, 18–20] вхідні дані $\mathbf{A}, \mathbf{B}, \mathbf{E}, \mathbf{L}, \mathbf{G}$ характеризують деякий вхідний сигнал системи; σ_ρ ($\rho = 1 \dots N^E$) є вихідним сигналом, що визначає точність навігації конкретного ρ -го споживача, а вектори $\mathbf{X}(U(t))$ та $\mathbf{Y}(U(t))$ – управляючим впливом [21].

Саме вектори $\mathbf{X}(U(t))$ та $\mathbf{Y}(U(t))$ відображають стан та поведінку системи під час функціонування, оскільки вони, фактично, визначають управління просторово-часовою зміною її структури.

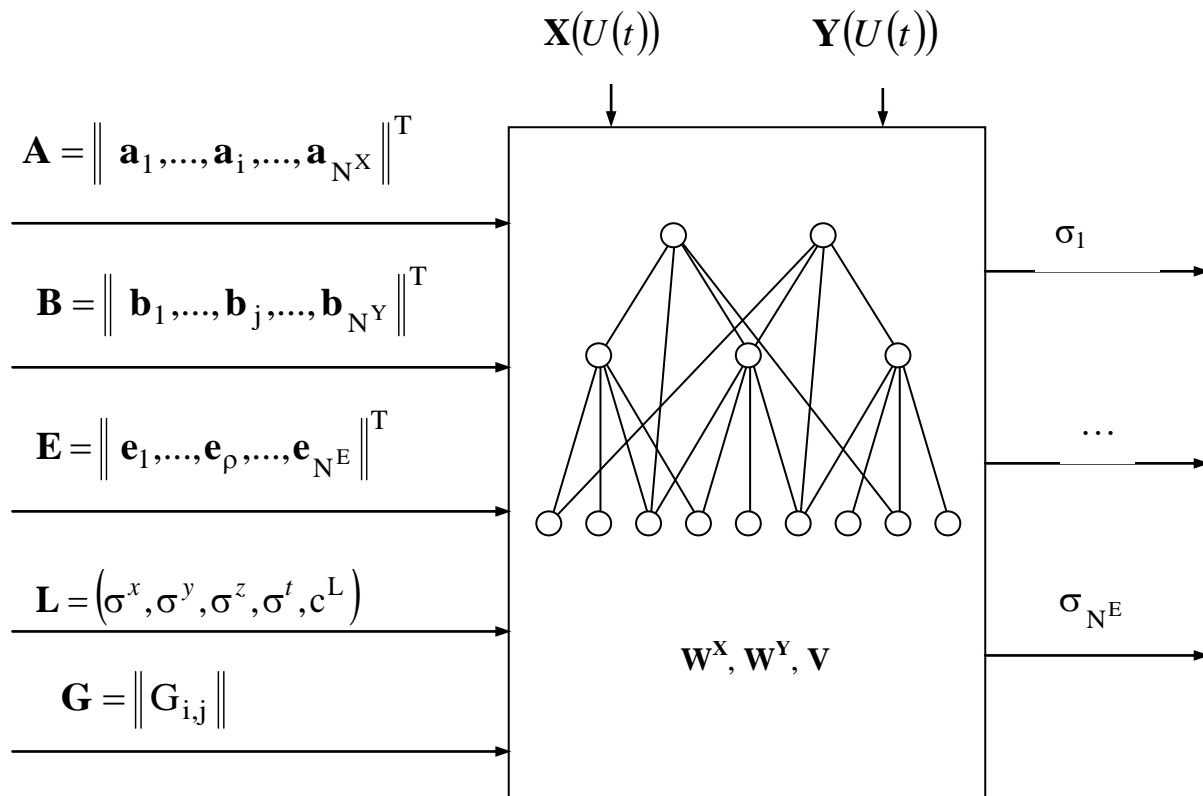


Рисунок 2 – функціональна схема локальної радіонавігаційної системи з гнучкою структурою

Таким чином, у формалізованій постановці завдання визначення програмного управління змінною структурою псевдосупутникової радіонавігаційної системи є завданням вибору оптимального складу векторів $\mathbf{X}(U(t))$ та $\mathbf{Y}(U(t))$ на основі заданих параметрів $\mathbf{A}, \mathbf{B}, \mathbf{E}, \mathbf{L}, \mathbf{G}$ з урахуванням обмежень (2) – (6).

Висновки. У формалізованій постановці завдання необхідно спроектувати таку структуру системи та визначити програмне управління зміною просторово-часового випромінювання радіонавігаційної інформації, за якого при функціонуванні системи протягом визначеного часу з урахуванням можливої втрати окремих елементів структури точність навігації усіх споживачів буде не гіршою деякого заздалегідь встановленого значення.

У визначеній постановці наукового завдання найбільш доцільним є імовірнісний показник ефективності системи. Складовими зазначеного показника є живучість та надійність елементів системи, а також точність визначення вектора стану споживача. Таким чином, показник ефективності локальної радіонавігаційної системи з гнучкою структурою – це ймовірність того, що у кожній визначеній точці простору протягом заданого часу існує можливість здійснення навігації споживачів з точністю, не гіршою деякої заздалегідь заданої величини.

ЛІТЕРАТУРА

1. Публічний звіт В.о. Голови Морської адміністрації за 2019 рік URL: <https://marad.gov.ua/storage/app/sites/1/gromadska-rada/Zvit/Publichnyi%20Zvit.pdf> (дата звернення: 21.03.2020).
2. Абрамов О.В. Контроль и прогнозирование технического состояния систем ответственного назначения. *Надежность и качество сложных систем*. 2018. № 4 (24). С. 108–115.
3. Баранов Г. Л., Носовський А. М., Тихонов І. В. Функціональна стійкість навігаційного обслуговування безпеки судноплавства на внутрішніх водних шляхах: монографія. Київ: КДАВТ, 2012. 149 с.
4. Бенькович Е. С., Колесов Ю. Б., Сениченков Ю. Б. Практическое моделирование динамических систем: учебное пособие. Петербург, 2002. 464 с.
5. Богом'я В. І., Коломієць О. М. Методи підвищення ефективності процесу експлуатації суднових комплексів. *Новітні технології*. 2017. Вип. 1(3). С. 42–48.
6. Вагушенко Л. Л., Цымбал Н. Н. Системы автоматического управления движением судна: учебное пособие. 3-е издание перераб.и доп. Одесса: Феникс, 2007. 376 с.
7. Вычужанин В.В., Рудниченко Н.Д. Технические риски сложных комплексов функционально взаимосвязанных структурных компонентов судовых энергетических установок. *Вісник Одеського національного морського університету*. 2014. № 2. С. 68–77.
8. Гаранов М. Ю., Шепета Ю. Н., Лебедев А. Е. Технология интегрирования оборудования рулевой рубки скоростных судов. *Морские информационно-управляющие системы*. 2014, № 1 (4). С. 112 – 115.
9. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення. URL: https://dnaor.com/html/2273/doc_2860-94 (дата звернення: 03.07.2019).
10. Захаров И. Г. Проблемы комплексирования и интеграции боевых систем и технических средств при создании кораблей нового поколения. *Морская радиоэлектроника*. 2006. №3(17).
11. Колесников А. В. Кириков И. А. Методология и технология решения сложных задач методами функциональных гибридных интеллектуальных систем. Москва: ИПИ РАН, 2007. 387 с.
12. Критерій оптимальності процесу технічного обслуговування суднових комплексів/ Тимошук О.М., Коломієць О. М., Дакі О.А., Трофименко І.В. *Наука і техніка Повітряних сил Збройних сил України*. 2017. № 4(29). С.132–136.
13. Кудрицька Н. В. Транспортнодорожній комплекс України: сучасний стан, проблеми та шляхи розвитку: монографія. Киев: НТУ, 2010. 338 с.
14. Моделювання та оптимізація інформаційних систем в судноводінні: підручник / Кравченко Ю.В. та ін., за ред. О.М. Тимошук. Київ :ДУІТ, 2019, 312 с.
15. Мусорін О. О. Методи підвищення ефективності засобів й систем навігаційного обслуговування вантажних суден необмеженого району судноплавства: дис... к-та техн. наук : 05.22.13/ ДП «УНДНЦ ПССЯ». Київ, 2017. 187 с.
16. Навігаційне забезпечення управління рухом суден : навчальний посібник / Богом'я В.І. та ін. Київ :ДВВП «Компас», 2012, 336 с.
17. Нечаев Ю. И., Сизов В. Г. Принятие решений при управлении судном в экстремальных ситуациях на основе современной теории катастроф / Судовождение: сб. научн. трудов ОНМА. Одесса: «ИздатИнформ», 2010. Вып. 20. С. 130–142.

18. Основи технічної експлуатації автоматизованої системи управління судном: підручник для студентів вищих навчальних закладів. / Богомья В.І. та ін. ; за ред. О. М. Тимошук. Київ. ДУІТ. 2018. 305 с.

19. Особливості системного підходу до вирішення наукових завдань експлуатації суднового обладнання./ Богомья В.І. та ін. ; за ред. О. М. Тимошук. Київ, ДУІТ, 2018, 305 с.

20. Пліта Л.Л., Шевченко А.П. Аналіз методів прогнозування технічного стану засобів водного транспорту. Водний транспорт. 2020. Вип.1(29). С.23–30.

21. Пліта Л.Л., Бойко С.М. Методи прогнозування довговічності обладнання засобів річкового та морського транспорту в умовах експлуатації за технічним станом. Slovak international scientific journal. 2020. Vol.2. No.45. pp.24-30.

Tihonov I.V., Bohomia V.I., Plita L.L., Bazhak O.V.

INFLUENCE OF RADIO NAVIGATION SYSTEMS FOR THE SAFETY OF SHIPPING

The analysis of relevant sources of information shows that the indicators of the quality of passenger and cargo transportation, the level of accident-free navigation continue to improve. Particular attention is paid to measures to ensure a given level of safety. A significant role in this direction is the effective solution of navigation tasks. This further emphasizes the relevance of research to improve the efficiency of sea and river vehicles through the use of operational and reliable navigational information.

At present, advanced technological solutions based on satellite navigation are used to ensure a guaranteed level of reliability, accuracy and efficiency of navigation. Analysis of foreign and domestic experience in the development and implementation of navigation systems that use GNSS shows the possibility of significantly increasing their efficiency through the development of mathematical software and the use of so-called local radio navigation systems.

The most relevant in this direction is the use of local (pseudo-satellite) radio navigation systems that operate in the format of GNSS-signals with a variable or flexible structure. In such systems, radio navigation points are mobile, which allows you to quickly ensure the specified accuracy of navigation in a particular area of navigation.

Keywords: *navigation support, reliability, accuracy and efficiency, pseudo-satellite) radio navigation systems, GNSS signals*