
Оцінка точності визначення місця судна при обсерваційному зчисленні і параметрів маневрування при кібернетичних ризиках

Дмитро Шумілов

Національний університет «Одеська морська академія», Навчально-науковий інститут навігації, м. Одеса, Україна

ORCID: 0009-0009-6242-8620

Для цитування цієї статті:

Шумілов Дмитро. Оцінка точності визначення місця судна при обсерваційному зчисленні і параметрів маневрування при кібернетичних ризиках. International Science Journal of Engineering & Agriculture. Vol. 3, No.6, 2024, pp. 154-172. doi: 10.46299/j.isjea.20240306.14.

Надійшла до редакції: 20 жовтня 2024 р.; **Схвалено:** 23 листопада 2024 р.;

Опубліковано: 01 грудня 2024 р.

Анотація: Кібернетичні ризики, які пов'язані з широким впровадженням інформаційних технологій і використанням безкабельних ліній зв'язку між приладами на судах та зовнішніми комунікаціями між ними, призводять до необхідності переходити на обсерваційне зчислення. При кібернетичних атаках виходять із ладу штатні навігаційні прилади ходового містка, не зважаючи на розробку спеціальних конструктивних засобів для попередження таких ризиків. Тому необхідно розробити спеціальні рекомендації щодо способів збереження навігаційної безпеки при кібернетичних атаках. Виконаний аналіз сучасних способів визначення точності оцінки параметрів маневрування дозволив розробити способи збереження точності визначення параметрів ведення обсерваційного зчислення при кібернетичних атаках. Показано, що резервних приладів для визначення дистанції до зустрічних суден і берегових та плаваючих навігаційних знаків немає. Приходиться використовувати окомірно-порівняльний спосіб та секстант для розрахунку дистанції. Однак для його використання потрібно підготувати дані про висоту берегових орієнтирів, якщо вони є в аварійно-небезпечних ділянках переходу, а також захищений від кібернетичних атак електронний прилад навігаційного обчислення. Аналіз точності способів визначення параметрів обсерваційного зчислення та використання резервних приладів, інструментів і способів роботи судноводіїв, дозволяє стверджувати, що штурманський склад ходового містка має достатньо методів та інструментів для забезпечення навігаційної безпеки при кібернетичній атаці в рейсовому циклі. Однак для цього потрібно визначити наявність аварійно-небезпечних ділянок шляху при плануванні рейсового циклу, підготувати резервні прилади, необхідні штурманські інструменти та команду ходового містка для роботи в умовах кібернетичних атак.

Ключові слова: кібернетична атака; спосіб оцінки точності; обсерваційне зчислення; окомірно-порівняльні способи; навігаційна безпека при кібернетичній атаці; аварійно-небезпечна ділянка; підготовка команди ходового містка для роботи при обсерваційному зчисленні.

1. Вступ

Морська галузь, яка існує багато століть, наразі відчуває негативні наслідки від стрімкого розвитку інформаційних технологій та зростаючої залежності від них. Судна, які мають безліч потенційних точок доступу, таких як підключення до Інтернету, використання систем

контролю, а також систем супутникового та радіозв'язку стають все більш вразливими до несанкціонованого доступу кіберзлочинців [1]. Новими методами нападу на судна у відкритому морі є:

- вимагання (програмне забезпечення для відновлення роботи судна);
- цифрове піратство шляхом закриття судна;
- шпигунство для отримання конфіденційної інформації, яка може бути використана конкурентами;
- наклепи/судовий розгляд, що спричиняє недотримання кодексу ISPS (міжнародний кодекс безпеки суден і портових засобів) /затримку судна/викликання збою;
- тероризм, що викликає зіткнення суден/небезпеку для портів/інших суден;
- (H) activism для передачі повідомлення: інтернет-активізм, хактивізм («зламати») – це використання комп'ютерних методів, таких як злом.

В останнє десятиріччя з'явився новий вид ризиків – кібернетичні атаки [2-5]. Особливість такого ризику закладається в тому, що час появи кібернетичних атак неможливо визначити. Тому, крім отримання відповідної кваліфікації в частині плавання при кібернетичних атаках, судоводію необхідно бути постійно готовим до використання обсерваційного зчислення.

При кібернетичних атаках на морське судно в рейсовому циклі, на ходовому містку та в машино-котельному відділенні виходять із ладу як навігаційні прилади, так і засоби технічного обслуговування роботи головного двигуна. Причиною таких відмов являється відсутність використання достатніх способів конструктивних рішень захисту від зовнішніх впливів при виготовленні приладів або використання бездротових технологій передачі інформації між ними на судні чи в зовнішньому середовищі.

Для підготовки судна до організації роботи ходового містка під час впливу кібернетичних атак необхідно:

- виконати належне планування координат рейсового шляху високоточними траєкторними точками (ТТ);
- підготувати на ходовому містку навігаційний кластер, який буде виконувати аналіз стану приладів ходового містка, що забезпечують контроль параметрів маневрування;
- підготувати технічний кластер навігаційних приладів, який буде виконувати аналіз стану приладів технічного обслуговування навігаційного обладнання роботи головного двигуна;
- за лоціями, картами і навігаційними посібниками визначити наявність аварійно-небезпечних ділянок переходу, орієнтовний час їх проходження, умови видимості і наявність берегових чи плавучих засобів навігаційного забезпечення;
- визначити наявність резервних навігаційних приладів, необхідних штурманських інструментів та готовність команди ходового містка до роботи при появі кібернетичних атак;
- при появі кібернетичної атаки включити систему автоматичного перемикавання штатного режиму роботи ходового містка на режим обсерваційного зчислення.

Натепер на сучасному морському судні, для організації безпечного переходу при кібернетичних ризиках атаках в рейсовому циклі, є достатньо резервних навігаційних приладів ходового містка, штурманських інструментів та кваліфікаційних вимог до судоводіїв. Основним питанням при цьому, являється вибір способів штурманської роботи, за оцінкою точності їх використання, для забезпечення навігаційної безпеки руху та наявності способів оперативного контролю стану навігаційних приладів ходового містка і технічних засобів контролю параметрів роботи головного двигуна.

Тому розробка *рекомендацій щодо забезпечення точності штурманської роботи при виконанні обсерваційного зчислення та способів технічного контролю навігаційних приладів при кібернетичних атаках* наразі є особливо актуальною.

2. Об'єкт і предмет дослідження

Підвищення інтенсивності руху морських суден та технічне вдосконалення навігаційних приладів ходового містка призвели до переходу морських суден на електронні карти, використання комп'ютерних технологій та широкого впровадження безкабельного способу передачі інформації як на судні, так і між ними. Загальний нагляд за навігаційною безпекою судноплавства і видачу рекомендацій та нормативних документів щодо способів планування координат шляху та управління маневруванням здійснює Міжнародна морська організація (ММО).

Згідно з вимогами ММО країни, які являються її членами, повинні розслідувати кожний аварійно-навігаційний випадок, який стався в зоні її відповідальності та надавати інформацію про його обставини і причини, а рекомендації щодо його попередження розміщати в лоціях, на картах та інших джерелах, включаючи оперативні. Такі заходи необхідні для того, щоб судноводії враховували наявність аварійно-небезпечних ділянок при плануванні рейсового циклу судна. Тому можна стверджувати, що навігаційні ризики є передбачуваними за часом їх появи і безпека плавання на таких ділянках залежить від кваліфікації судноводія. Це дає змогу підготувати судно і команду ходового містка до проходження таких районів навігаційних ризиків.

В даній статті розглянута можливість організації навігаційної безпеки маневрування в рейсовому циклі таким чином, щоб виконати вимоги ММО щодо точності визначення параметрів руху під час кібернетичних атак, за допомогою резервних навігаційних приладів і способів штурманської роботи. Отже, розробка способів аварійного управління маневруванням при цьому являється вельми актуальною.

3. Мета і задачі дослідження

Метою статті являється аналіз способів оцінки точності визначення місця судна чи відстані до навігаційної небезпеки та вибір оперативних способів організації безпечного руху за плановою траєкторією при виході із ладу штатних навігаційних приладів через кібернетичну атаку. При цьому виникає потреба включати в штурманську роботу резервні навігаційні прилади та використовувати способи класичної навігації і перехід на аварійне управління маневруванням шляхом використання обсерваційного зчислення. Такий підхід дозволяє виконувати вимоги нормативних документів ММО до точності розрахунків параметрів навігаційної безпеки в умовах дії кібернетичних ризиків, включаючи маневрування в аварійно-небезпечних ділянках переходу. Наступним етапом являється розробка системи автоматичного переходу із штатного режиму управління рухом в режим управління аварійним кластером, з виконанням обсерваційного зчислення. Це дозволить організувати навігаційну безпеку при кібернетичних атаках і виконати вимоги ММО щодо точності оцінки параметрів маневрування.

4. Аналіз літературних джерел

Вимоги до необхідної точності визначення місця судна і оцінки похибок параметрів маневрування для організації навігаційної безпеки його руху встановлені резолюцією ММО А.529(13) [6] «Стандарти точності судноводіння», прийнятою 17 листопада 1983 року. Вони являються основним нормативним документом для морських адміністрацій морського та річкового флоту, яким вони управляють. Цей документ дозволяє оцінити ефективність навігаційних систем визначення місця судна, включаючи супутникові.

В рекомендаціях [7] з управління морськими кіберризиками ризиками вказано лише функціональні елементи, які не містять конкретних вказівок щодо визначення точності

параметрів руху судна під час кібернетичних атак, тобто вони включають узагальнені поняття, а саме:

- визначення ролі персоналу та відповідальність за кіберризик;
- управління та визначення систем, які при відмовах створюють ризики для суднових операцій;
- запровадження процесів і заходів контролю ризиків і непередбачених ситуацій для планування захисту від кібер-події та забезпечення безперервності вантажоперевезення:
- розробка та впровадження заходів, необхідних для своєчасного виявлення кібер-події та планів для забезпечення кіберстійкості;
- відновлення систем, необхідних для транспортних операцій або послуг, які було пошкоджено через кібератаку;
- визначення необхідних заходів для резервного копіювання та відновлення кіберсистем, які постраждали від кібератаки.

В джерелі [8] проведено комплексний огляд публікацій з кібербезпеки в морському секторі, який охоплює понад триста статей та завершується загальними висновками та пропозиціями на майбутнє. Поняття «кібербезпека на морі» розглядається в аспекті людських факторів, політики, права, кіберфізичної безпеки, а також співвідношення позиційних документів, щоб оцінити зрілість галузі

Складність радіолокаційного обладнання сучасних суден, які перетворилися на сучасні кіберфізичні системи та нові загрози, пов'язані з системою радіолокації, яка є одним з найбільш чутливих до безпеки компонентів судна розглянуто в роботі [9]. Нові кібератаки є простими у проведенні та їх важко виявити. Вони здатні поставити під загрозу цілісність даних, що відображаються на системі радіолокації. В джерелі запропоновано методіку виявлення кібератак, проте не розглянуто питання безпечного руху судна в умовах кіберризиків.

Управління ризиками морської кібербезпеки, яке досліджено в науковій роботі [10], було зосереджено на технічних і технологічних аспектах. На судні електронна картографічна та інформаційна система (ECDIS) входять до всіх електронних пристроїв містка. Вони повинні враховувати як технічні, так і людські аспекти у контексті морської кіберстійкості. Тому це дослідження спрямоване на визначення відповідальності штурманів за кібербезпеку ECDIS і пошук ймовірностей людських помилок, а також передовий досвід управління ризиками кібербезпеки ECDIS.

Інтегрована система ходового містка [11] діє як основне командування та керування судном. Вона з'єднує різні цифрові пристрої, що використовуються для навігації у відкритому морі, а також підключається до інших бортових систем судна, таких як навігація та управління, системи управління рушіями та механізмами, вантажами, безпекою, основними інфраструктурними системами та ін. У дослідженні зібрано дані про різні вразливі цифрові компоненти інтегрованої системи ходового містка, щоб краще зрозуміти проблеми безпеки та конфіденційності, пов'язані з кібератаками. В роботі проведено огляд 59 історичних аварій, різних методів кібератак (глушіння, підміни, викрадення тощо) та сформовано основу для майбутньої роботи над кіберризиками і вразливістю навігаційного обладнання.

Суднова автоматична система ідентифікації (AIS), яка аналізується в роботі [12] розкриває способи функціонування та обміну даними між користувачами. Вивчаються також вразливості системи, якими можуть зловживати кіберзлочинці. Вони докладно аналізуються, щоб дати уявлення про сам процес – від створення шкідливої програми до її реалізації для здійснення кібератаки.

Керівництво з управління морськими кіберризиками ММО опублікувала ще у 2017 році. Його метою було посилення кібербезпеки з урахуванням цифрових суден. В статті [13] було виявлено компоненти ризику кібербезпеки в морському секторі, якими має керувати система управління безпекою судна у 2021 році. Також було проведено якісну оцінку ризиків для адміністративних, технічних та фізичних компонентів ризиків безпеки на основі галузевих та

міжнародних стандартів. Проведене дослідження щодо покращення кібербезпеки в морському секторі здійснено для визначення пріоритетних заходів плану безпечного управління кіберризиками.

Огляд прогресу академічних досліджень з теми морської кібербезпеки, який висвітлено в роботі [14], здійснено з використанням принципів «Переважних елементів звітності для систематичних оглядів» та «Мета-аналізу» (PRISMA). Основна увага в дослідженнях у цій галузі приділялася розробці або застосуванню методів оцінки ризиків кібербезпеки, а також розробці моніторингу та виявлення кібератак.

Зауважимо, що всі ці дослідження не враховують необхідність вивчення питання безпечного руху судна при кібернетичних атаках і оцінки визначення точності його місцезнаходження.

5. Методи дослідження

При нормативних значеннях навігаційних параметрів руху судна, а також факторах, які впливають на точність визначення місця судна та похибок параметрів маневрування враховуються наступні значення внутрішньо-суднових впливів і зовнішніх факторів: 1) швидкість руху судна; 2) напрям руху; 3) відстань до найближчої небезпеки; 4) наявність течії; 5) напрям і сила вітрового впливу; 6) висота і напрям хвилі; 7) запас води під кілем; 8) наявність акваторії для маневрування.

Навігаційною небезпекою являється будь-який, визнаний та нанесений на карту небезпечний елемент моря або суші, чи описаний в навігаційних посібниках, межа якого може представляти небезпеку для судна, або обмежувати район його плавання.

Методика оцінки точності: при подальшому будемо розглядати рейсовий цикл морського судна, який містить всі стадії переходу, що характеризують процес руху:

- акваторія руху по території порту;
- припортова акваторія, канали і фарватери;
- відкрите море.

Стандарти точності судноводіння, за якими потрібно проводити оцінку систем визначення місця судна та параметрів маневрування, повинні використовуватися для швидкості руху не більше 30 вузлів.

Порядок точності оцінки параметрів руху судна, під час рейсового циклу для портових і припортових акваторій, каналів і фарватерів визначається навігаційними обставинами відрізків переходу та видами параметрів, які описують процес маневрування. Зазвичай такі відрізки шляху називають районами стисненого плавання.

На відрізках переходу та для решти відрізків шляху встановлена норма 4% відстані до навігаційної небезпеки з максимальним значенням в 4 морських милі.

Відповідно до вимог стандарту точності при плаванні в районах відкритого моря зі швидкістю до 30 вузлів похибка місця M_n з ймовірністю $P = 0,95$ не повинна перевищувати 4% від дистанції D_{nn} до навігаційної небезпеки:

$$M_n < 0,04 \cdot D_{nn}. \quad (1)$$

Точність визначення параметрів, які описують процес маневрування і на яку може розраховувати судноводій при використанні навігаційних приладів, залежить від точності способу визначення параметру маневрування, похибок визначених координат місця судна, отриманих за допомогою системи, яка використовується при цьому та часу, що минув з моменту останньої обсервації.

Оскільки точність обсервації за системою залежить від систематичних та випадкових помилок, вона може бути охарактеризована лише з певним ступенем ймовірності. Згідно з

вимогами нормативних документів ММО для характеристики точності обсервації і при визначенні навігаційної безпеки за системою повинна використовуватися ймовірність 95%.

Якщо припустити, що для ведення зчислення використовується гірокомпас, що відповідає вимогам резолюції А.424(XI) [15], та пристрій (лаг) для вказівки швидкості і пройденої відстані, що відповідає вимогам резолюції А.478(XII) [16], без корекції на основі попередніх обсервацій за системою, то існує залежність між точністю використаних параметрів навігаційних приладів, що розглядаються оператором, точністю обсервацій способів визначення місця системою та максимальним проміжком часу між обсерваціями при використанні системи. Така залежність, враховує помилки, які зазвичай є очікуваними при врахуванні швидкості припливно-відливних та інших течій і вітрового дрейфу.

Приведений норматив А.529(13) «Стандарти точності судноводіння» ММО, прийнятий 17 листопада 1983 року являється застарілим. Причиною такого твердження є заміна паперових карт на електронні, яку прийняли в усьому світі в 2018 році, та необхідність використання нових видів штурманської роботи, які дозволяють підвищити точність планування шляху, визначення параметрів маневрування та безпеку судноводіння в зв'язку з цим.

Так, наприклад при розрахунках допустимого інтервалу часу між обсерваціями, при відстані до небезпеки $D_{nn} = 10$ миль, та якщо обсервація виконується при цьому з радіальною середньоквадратичною похибкою (СКП) $M_0 = 220$ метрів, при вірогідності $P = 0,95$, то радіальна СКП складає $R_0 = 0,2$ милі. Далі, при $P = 0,95$ і $D_{nn} = 10$ миль визначаємо допустиму радіальну похибку $R_d = 0,4$ милі та, враховуючи досягнуту точність сучасних систем визначення місця судна $M_0 < 0,1$ милі, отримаємо максимально допустимий інтервал між обсерваціями $t_0 \leq 10$ хвилин.

Для решти параметрів, які описують процес маневрування судна, існують державні рекомендації, які визначені [17-18] на підставі аналізу технічних характеристик навігаційних приладів, які використовують при цьому та практики їх експлуатації на суднах.

Для зони акваторій порту і припортової акваторії допустима радіальна СКП складає до 20 метрів, з постійним контролем місця судна відносно планових траєкторних точок, а в районах з додатковою поправкою супутникової системи в диференційному режимі, досягає ± 2 метри. При цьому необхідно зазначити, що контроль місця судна і управління його рухом потребує визначення абсциси центра ваги відносно мідель шпангоута, в який поміщають початок координат.

Для підвищення точності контролю процесу руху, виникає потреба розраховувати в реальному часі ширину полоси маневрового зсуву на прямолінійних і криволінійних ділянках шляху та перераховувати координати супутникової антени на центр ваги. Для розрахунку ширини полоси при криволінійному русі необхідно оперативно визначати абсцису полюсу повороту за даними доплерівського лагу та за її величиною – ширину полоси.

На каналах і фарватерах допустима радіальна СКП складає 0,2 ширини суднохідної частини, а в зоні відкритого моря – 2% від відстані до навігаційної небезпеки, але не більше 2-х миль [17, 20, 21].

6. Результати досліджень

6.1. Управління процесом маневрування при кібернетичних атаках та оцінка способів визначення точності параметрів руху і маневрування для навігаційної безпеки

Для попередньої оцінки помилок основних навігаційних параметрів маневрування і визначення їх середньостатистичного значення для основних елементів числення розглянемо рекомендовані практикою і технічними характеристиками навігаційних приладів судноводіння величини їх максимальних похибок. При цьому будемо розглядати два випадки їх оцінки:

- 1) в умовах штатного функціонування навігаційних приладів;

2) під час кібернетичних атак, коли виникає загроза виходу із ладу навігаційних приладів ходового містка, які попадають під їх вплив [22-24].

Дані зводимо в таблицю 1, в якій виділяємо окремо параметри, що не підлягають впливу кібернетичних атак.

Таблиця 1. Середньостатистичні похибки елементів зчислення

№ з/п	Назва параметру	Одиниця виміру	Точність вимірювання СКП	Джерело вимог	Вплив кібератак
1.	Курс: - за гірокомпасом; - за магнітним компасом	градуси градуси	1,2 ⁰ до 2 ⁰	ММО ММО	так ні
2.	Поправки: - гірокомпаса; - магнітного компаса	градуси градуси	0,3 – 1,3 ⁰ 0,5 – 1,8 ⁰	Державні стандарти	так ні
3.	Швидкість відносно лагу Абсолютний лаг За обертами гвинта	вузли вузли вузли	до 0,2 0,05 до 0,3	Державні стандарти	так так ні
4.	Кутова швидкість	градуси/хв	0,2	Державні стандарти	так
5.	Кут перекладки руля	градуси/с	2 ⁰ /с	ММО	ні
6.	Кут повороту	градуси	1,0 ⁰	ММО	ні
7.	Гальмівний шлях	метри	< 10%	ММО	ні

Параметрами, які описують процес маневрування являються наступні: курс KK ; швидкість V ; кутова швидкість ω ; кут перекладки руля δ_r , відхилення від початкового курсу $\Delta\theta$; гальмівний шлях S_{gm} .

При початку дії кібернетичних атак на судно навігаційні прилади ходового містка, які використовують лінії зв'язку та пов'язані з передачею і прийомом радіохвиль, виходять із ладу. Тому судноводій повинен переходити на способи штурманської роботи та навігаційні прилади, на які такі атаки не впливають. Серед них потрібно відзначити:

- 1) ручне документування параметрів руху судна і маневрування в рейсовому циклі;
- 2) візуальні та астрономічні способи визначення місця судна;
- 3) використання способу планування координат рейсового циклу траєкторними точками, включаючи криволінійні траєкторії, розраховані за безпечними шляховими точками, які судноводій визначає особисто;
- 4) вибір способу оцінки точності похибки визначення параметру маневрування чи зчислення;
- 5) використання системи підтримки прийняття рішення, на яку не впливає кібернетична атака.

Для визначення точності місця судна при обсервації, зчисленні чи обсерваційному зчисленні під час кібернетичних атак будемо використовувати *еліптичні, радіальні та лінійні похибки* (рис. 1).

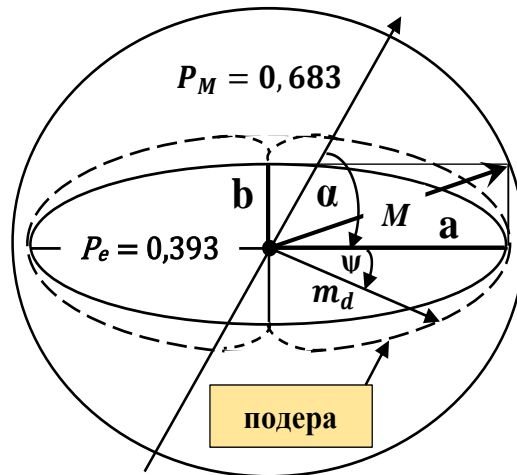


Рис. 1. Еліпс похибок і його характеристика:

a і b – півосі середньоквадратичного еліпсу похибок; M – радіальна середньоквадратична похибка (РСКП); m_d – лінійна СКП еліпсу за напрямком; α – напрямок великої напівосі; ψ – напрямок СКП еліпсу відносно великої напівосі; **подера** – нова крива або геометричне місце точок, що є безліччю основ перпендикулярів, опущених з точки на дотичні до заданої кривої.

Еліпси похибок. Вони характеризуються трьома параметрами, з центром в точці, в якій оцінюється місце судна – піввісь a , піввісь b та орієнтовка відносно сторони світу, в межах якої з заданою вірогідністю знаходиться судно. При цьому середньоквадратичний еліпс з напівосями a і b , дорівнює СКП за даними напрямками B_a і $B_b = B_a \pm 90^\circ$ з вірогідністю $P = 0,393$.

При $a = b$, як показано на рис. 2, еліпс перетворюється на круг похибок радіуса $r = a = b$ з вірогідністю $P = 0,393$.

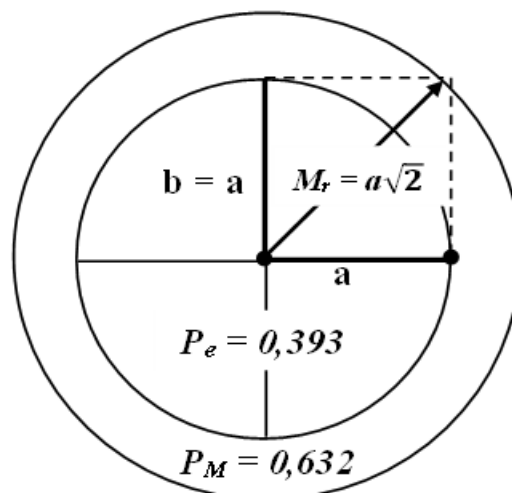


Рис. 2. Перетворення еліпса похибок в круг.

Зазвичай еліпс похибок для вимог ММО при вірогідності $P = 0,95$ має осі для граничного еліпса похибок $\bar{a} = 2,45 \cdot a$ та $\bar{b} = 2,45 \cdot b$.

Радіальна середньоквадратична похибка (РСКП), в межах якої знаходиться судно M з вірогідністю $P = 0,683$ розраховується за формулою [2]:

$$M = \sqrt{a^2 + b^2}. \quad (2)$$

Радіальна гранична похибка \bar{R} представляє собою круг, в межах якого місце судна знаходиться з вірогідністю $P = 0,95$, згідно вимог ММО.

Лінійні похибки. Для уточнення похибки за напрямком навігаційної небезпеки використовують одновірну лінійну похибку місця d , яка дорівнює радіусу вектору подери (рис. 1) відповідного еліпса похибок. Але оскільки різниця між контуром еліпса і подерою незначна, а обсяг обчислювальної роботи при кібернетичних атаках значно зростає, то використовувати цю характеристику похибки ми не будемо. Для РСКП M лінійна СКП за всіма напрямками однакова і дорівнює $m_r = M/\sqrt{2}$.

Оцінка способів визначення точності параметрів навігаційної безпеки була виконана нами шляхом порівняльного аналізу похибок у визначенні параметрів найкоротшого зближення з небезпеками за різними методами (результати наведено в табл. 2).

Таблиця 2. Залежність похибок точності оцінки параметрів від методу розрахунку

Методи оцінки	Суворий	Еліпс	С К П
Параметри: $\Pi_1 = 300^0$, $\Pi_2 = 305,5^0$, $D_1 = 60$ кбт, $D_2 = 44$ кбт; $\Pi_1 = 300^0$, $\Pi_2 = 300^0$, $D_1 = 60$ кбт, $D_2 = 44$ кбт			
m_{S_0} , милі	0,152 / 0,149	0,152 / 0,149	0,152 / 0,149
m_{a_1} , градуси	6,09 / 5,50	6,30 / 6,88	6,06 / 6,34
$m_{D_{кр}}$, милі	0,62 / 0,58	0,64 / 0,72	0,61 / 0,66
$m_{t_{кр}}$, хвилини	1,99 / 2,10	2,02 / 2,21	2,17 / 2,37

Як показує аналіз результатів, для суворої оцінки та за радіальною СКП, отримані практично однакові результати, а оцінка за еліпсом приблизно на 10% більше.

Незважаючи на те, що використання еліпса дає дещо більші значення лінійної оцінки значення $D_{кр}$, саме цей спосіб рекомендується використовувати на практиці при вирішенні задачі проходження небезпечних ділянок, оскільки це максимальне значення, а на інших напрямках лінійні оцінки значно менше.

Для полегшення розрахунків оцінок параметрів найкоротшого зближення з небезпекою, формули для розрахунку похибок можна істотно спростити та розглядати їх лише для небезпечних перешкод руху суден. У цьому випадку значення зміни пеленга небезпеки незначне, а величина зміни напрямку близька до 0 та відстань дорівнює відносному наближенню $D_1 - D_2 = S_0$.

Оскільки при оцінці ситуації наближення до небезпеки для судноводія переважне значення має оцінка відстані найкоротшого зближення, яка визначає ступінь аварійної ситуації, то розрахунки потрібно виконати швидко, скоротивши число вихідних даних з запасом в безпечну сторону.

З урахуванням похибки визначення $m_{\Delta l} = 1^0$ формула для розрахунку точності оцінки параметру відстані *методом еліпса* набуде вигляду:

$$m_{D_{кр}} = 0,044 \cdot D_{0A} \cdot D_{6A} / (D_{0A} - D_{6A}). \quad (3)$$

Отриману за формулою (3) оцінку рекомендується призначати в якості допустимого значення дистанції найкоротшого зближення з небезпекою в умовах обмеженої видимості.

Виконаний аналіз способів оцінки точності параметрів руху і маневрування справедливий для режиму нормальної роботи навігаційних приладів в штатному режимі.

Зауважимо, що в існуючих літературних та електронних джерелах немає відповідей на питання щодо визначення способів оцінки точності організації руху і маневрування під впливом кібернетичних атак.

6.2. Система управління маневруванням аварійним кластером при обсерваційному зчисленні

Аварійне управління процесом маневрування судна виконується шляхом обсерваційного зчислення при кібернетичних атаках.

Для вирішення питання управління рухом і маневруванням під час кібернетичних атак розглянемо випадок, коли через їх дію виходить із ладу все штатне навігаційне обладнання ходового містка і включається управління рухом через *аварійний кластер* з резервними приладами та виконанням штурманських обов'язків класичними способами. При цьому існує вимога забезпечити точність і надійність управління рухом і маневруванням згідно рекомендацій ММО.

Для виконання цих вимог була розроблена система управління рухом і маневруванням судна в умовах, коли всі резервні прилади та алгоритми роботи судноводія захищені від кібернетичних атак. При цьому блоки системи управління маневруванням об'єднані в ізольований кластер [25-26], який не містить приладів, ліній зв'язку та в яких використовують випромінювання чи прийом інформації і передачу даних до нього. Для цього використовуються екрановані, захищені від впливу кібернетичних атак судові кабельні лінії, що дозволяє забезпечувати безаварійне управління, навіть при виході із ладу всіх штатних навігаційних приладів ходового містка.

До складу кластера входять:

- блок таблиці координат шляхових точок переходу;
- матриці координат траєкторних точок (ТТ) прямолінійних і криволінійних відрізків шляху;
- таблиця характеристик активного гальмування і поворотності;
- таблиця параметрів маневрування на переході IK_{ij} , V_c ;
- відстані між шляховими точками S_{ij} ;
- графік $V(nc)$, залежності швидкості судна від числа обертів гвинта, який є необхідним для виконання обсерваційного зчислення.

Крім того кластер містить графічний план переходу в рейсовому циклі на паперовій чи електронній навігаційній карті у вигляді траєкторних точок з аварійно-небезпечними ділянками.

6.3. Аналізатор відмов навігаційних приладів ходового містка при кібернетичних атаках

Вищезазначений кластер включає *аналізатор відмов навігаційних приладів ходового містка при кібернетичних атаках* з рекомендаціями щодо їх заміни резервним обладнанням та способів виконання штурманської роботи вручну, з використанням захищеного від кібернетичних атак електронного приладу навігаційного обчислення (ЕПНО). Перехід на обсерваційне зчислення виконується автоматично, шляхом перемикання ліній прямого, зворотного і локального зв'язків між елементами системи управління маневруванням. Після цього судноводій переходить на рукописне документування процесу руху і маневрування судна. Далі він виконує обсерваційне зчислення на паперовій карті з використанням: олівця; транспортира; паралельної лінійки; секундоміра; ЕПНО; навігаційної паперової карти або захищеної від кібернетичних атак електронної карти; планових координат руху судна в рейсовому циклі, нанесених траєкторними точками, які не підлягають зміні та використовуються тільки при кібернетичних атаках, для зчислення.

Оскільки безпечні координати планових траєкторних точок рейсового циклу залишаються незмінними, вони являються оптимальними, з точки зору їх планування та розрахунку. Вони також є найбільш точними, оскільки шляхові точки визначаються нанесеними на карту (за геодезичними способами) рекомендованими лініями руху або вибираються рівно віддалено

від навігаційних небезпек. Тому доцільно розраховувати похибки їх місця середньоквадратичним еліпсом за осями координат та за широтою m_φ і долготою m_W , які розраховують за формулами [2].

$$m_\varphi = \sqrt{a_e^2 \cdot \cos^2 B_a + b_e^2 \cdot \sin^2 B_a}, \quad (4)$$

$$m_W = \sqrt{a_e^2 \cdot \sin^2 B_a + b_e^2 \cdot \cos^2 B_a}, \quad (5)$$

$$R_{\varphi,W} = 0,5 (a_e^2 - b_e^2) \cdot \sin 2B_a. \quad (6)$$

де a_e, b_e – півосі середньоквадратичного еліпса похибок; B_a – напрямок великої півосі еліпса похибок; $R_{\varphi,W}$ – кореляційний момент похибок за осями координат.

Для організації навігаційної безпеки плавання судна в рейсовому циклі складається команда ходового містка, яка очолюється капітаном. Основою безпечного плавання є належне виконання вимог рекомендацій при звичайних навігаційних умовах та під час впливу на судно кібернетичних атак.

У сучасному судноплавстві морські переходи суден здійснюються на основі їх попереднього планування та прокладання за методикою нормативних документів ММО. Проте, при їх виконанні відсутній *етап аналізу і прогнозу навігаційних і кібернетичних ризиків*, що супроводжується приближеними розрахунками та різними помилками. Отже, попереднє прокладання матиме елементи невизначеності (у допустимих межах) з помилками систематичного та випадкового характеру.

Згідно з рекомендаціями Керівництва з несення вахти на містку (Bridge Procedures Guide, 6th Edition, 2022), при плануванні безпечного переходу і організації безаварійного руху судна пропонуються чотири стадії планування безпечного переходу і організації безаварійного руху: I. Оцінка (Appraisal). II. Планування (Planning). III. Виконання (Execution). IV. Контроль (Monitoring). Ці стадії повинні виконуватись одна за одною, у порядку, викладеному вище. Отже, саме ці чотири стадії включені в документи ММО: Керівництво з несення вахти на містку (Bridge Procedures Guide, 6th Edition) [27]; Керівництво командою містка, 2-е Видання (Bridge Team Management, 2nd Edition); Резолюція ММО А. 893 (21) – Керівництво з планування рейсу (Resolution A.893(21) ІМО) [28]. Але, точність судноводіння в стиснених умовах плавання не може бути гарантована лише виконанням вимог (ММО) і Міжнародної асоціації маячних служб (МАМС) [29], оскільки вона не забезпечує навігаційної безпеки плавання великотоннажного судна в обмежених умовах на малих дистанціях до небезпеки (менше двох миль). У таких умовах плавання, після закінчення планування шляху рейсового циклу, додатково необхідно враховувати аналіз навігаційних ризиків, які будуть зустрічатися на майбутньому переході.

Недоліком існуючих рекомендацій являється саме відсутність окремо виділеного етапу «аналіз і оцінка ризиків», який повинен виконуватись після закінчення планування координат переходу.

Оновлений документ ДСТУ ISO/TR 31004:2018 «Менеджмент ризиків. Принципи та настанови» (Risk management – Guidelines) має узагальнений характер[30]. Він є корисним лише для розуміння сутності ризиків для побудови ефективного процесу їх управління. Відповідно до стандарту ISO 31000:2018, метою управління ризиками є створення та захист цінності прийняття рішень для підвищення ефективності процесу управління маневруванням судна.

Аварійно-небезпечні ділянки переходу необхідно виявляти заздалегідь під час планування рейсового циклу за навігаційними посібниками – картами, лоціями та іншими інформаційними матеріалами щодо навігаційних та кібернетичних ризиків. В подальшому дефіцит часу, при

плаванні в рейсі, не дозволяє судноводію виконувати необхідні розрахунки.

Іншою проблемою при плануванні переходу в рейсовому циклі являється відсутність систематизованих даних за кібернетично-небезпечними аварійними районами. Тому, ми будемо рахувати аварійно-небезпечні райони навігаційних ризиків, відомості про які розміщено в лоцях, картах та інших навігаційних джерелах, такими, що співпадають з існуючими районами вірогідних кібернетичних ризиків. Причиною такого рішення є найбільш вірогідна загроза використання аварійно-небезпечних районів кібернетичними злочинцями для організації кібернетичних атак саме тому, що достовірно встановлено існування передумов для виникнення аварії. За цією причиною необхідно ввести в змістовну модель підготовки до переходу, окремо виділений етап планування рейсового циклу, такий як «аналіз і оцінка навігаційних і кібернетичних ризиків», який необхідно виконувати після закінчення планування координат переходу. Процес виконання такого етапу дозволить забезпечити управління судном під впливом кібернетичних атак та підготувати екіпаж до плавання в аварійно-небезпечних районах.

В подальшому, при переході на обсерваційне зчислення під час кібернетичних атак, необхідно забезпечити вимоги збереження допустимої відстані до навігаційних небезпек, яка наведена в рекомендаціях ММО і приведена в формулі (1). Виконання цієї вимоги, при відсутності кібернетичних атак і використанні навігаційних приладів ходового містка в штатному режимі, залежить тільки від кваліфікації судноводія.

При появі кібернетичних атак виконується автоматичний перехід на резервні навігаційні прилади та обсерваційне зчислення, алгоритм якого приведено на рис. 3. Це вимагає від судноводія переходу на резервні навігаційні прилади і кардинальних змін в способах його роботи при використанні управління маневруванням **аварійним кластером**. При цьому необхідно забезпечити виконання вимог ММО щодо точності способів штурманської роботи та резервних приладів, які захищені від впливу кібернетичних атак.

Працює система управління маневруванням аварійним кластером при обсерваційному зчисленні наступним чином. Після того, як всі прилади приведені в штатний режим, через накопичувач 17 і передані в перемикач 18 він переводить систему 15 в штатний режим в положення 1.

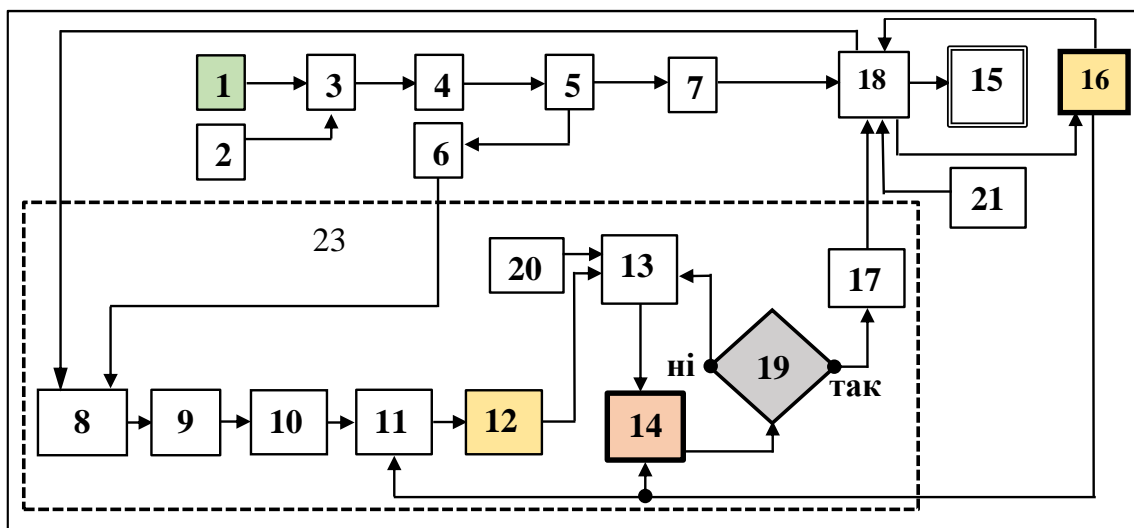


Рис. 3. Узагальнена блок схема алгоритму управління маневруванням **аварійним кластером** та обсерваційного зчислення при кібернетичних атаках.

Позначення на рисунку 3:

1 – система визначення маневрених характеристик; 2 – таблиця шляхових точок рейсового циклу; 3 – система розрахунку траєкторних точок рейсового циклу; 4 – система формування

матриці переходу ТТ; 5 – нанесення координат переходу на паперову і електронну карту; 6 – завантаження координат переходу на паперову карту в аварійний кластер 23 та його блок 8; 7 – завантаження координат ТТ переходу через перемикач 18 в блок штатного режиму 15; 8 – таблиці координат шляхових точок рейсового циклу з параметрами маневрування K_{ij} , V_c , S_{ij} і матрицею ТТ переходу; 9 – таблиця маневрених характеристик гальмування та поворотності і графік $V(n)$, залежності швидкості судна від числа обертів гвинта для ведення обсерваційного зчислення; 10 – графічний план переходу в рейсовому циклі на паперовій навігаційній карті з аварійно небезпечними ділянками; 11 – система вибору способу обсервацій місця судна і резервних навігаційних приладів ходового містка та способів виконання штурманської роботи при обсерваційному зчисленні; 12 – блок друку відмов навігаційних приладів ходового містка, та переходу на обсерваційне зчислення і ручне документування процесу маневрування судна; 13 – система виконання обсерваційного зчислення і контролю стану навігаційних приладів через аналізатор їх стану – 14; 15 – система штатного функціонування приладів ходового містка; 16 – постійний аналізатор відмов навігаційних приладів ходового містка; 17 – аналізатор кількості навігаційних приладів ходового містка в робочому стані, який з'єднано з перемикачем 18, та при досягненні всіма приладами робочого стану, він переводить систему управління маневруванням в штатний режим (положення 1); 19 – селектор приладів, який в робочому стані направляє в блок 17, а в неробочому стані повертає в блок 13, для приведення їх до ладу; 20 – електронний прилад навігаційних обчислень при обсерваціях і розрахунках при веденні зчислення; 21 – електронна обчислювальна машина; 23 – аварійний кластер.

В штатному режимі, коли використовуються всі навігаційні прилади ходового містка, які знаходяться в робочому стані, завантажений за планом переходу аварійний кластер працює в режимі очікування. Зв'язок з ним підтримується з блоком 15 через блок 16 (постійний аналізатор відмов навігаційних приладів ходового містка), дані з якого поступають на перемикач 18 і на друк в блок 11.

Якщо навіть окремі прилади виходять із ладу, то перемикач 18 вимикає навігаційні прилади ходового містка і переводить систему в режим обсерваційного зчислення, зберігаючи аналізатор 16 на зв'язку з системою аварійного управління через перемикач 18.

Для організації навігаційної безпеки судна під час плавання від моменту виходу із порту і до моменту приходу в порт призначення повинна постійно виконуватися і зберігатися навігаційна прокладка, яка включає нанесення обсервацій визначення місця судна та розрахунки маневрів для розходження з іншими суднами.

Процес вимірювання та обробки навігаційних параметрів супроводжується похибками, які будуть виникати при обробці даних та визначені координат місця судна. Тому для виконання вимог ММО та державних нормативних документів з навігаційної безпеки плавання, а також для обґрунтування маневру судна з метою безпечного розходження, необхідно періодично перевіряти оцінку точності визначення місця судна, і особливо, під час кібернетичних атак.

Оцінка точності місця, яку судно має використовувати при кібернетичних атаках і виконанні обсерваційного зчислення буде залежати від:

- технічних характеристик резервних приладів, які використовуються при виборі способів контролю місця та оцінки точності при їх використанні та обчисленні;
- часу доби, наявності берегових орієнтирів для визначення місця судна візуальними способами та видимості лінії горизонту, для використання астрономічних способів при штурманській роботі;
- готовності судоводія для виконання процедур визначення місця судна візуальними та астрономічними способами і наявності необхідних штурманських приладів та інструментів – хронометра, секундоміру, секстанта, пеленгатора магнітного компаса на верхній палубі та навігаційного обчислювача.

Факторами, що впливають на вимоги до точності судноплавства при кібернетичних ризиках являються:

- вибрана швидкість судна за дальністю впевненого виявлення небезпеки;
- маневрені характеристики судна;
- відстань до найближчої навігаційної небезпеки;
- навігаційне забезпечення району плавання згідно з вимогами МАМС.

Навігаційна безпека плавання $P_{нб}$ оцінюється ймовірністю проходу судна по чистій воді без зіткнення з надводними та підводними перешкодами з відомими координатами. Для розрахунку $P_{нб}$ при плаванні серед навігаційних небезпек, розташованих на різних напрямках у прибережній зоні, використовується функція кругового розподілу Релея.

На підставі рекомендацій МАМС, настанов України щодо штурманської служби на суднах слід дотримуватися точності визначення місця судна та частоти обсервацій, залежно від ширини смуги маневрування. При цьому точність визначення місця та частота обсервацій повинні забезпечити не менше $P_{нб} = 0,99$ у стиснених умовах і $P_{нб} = 0,95$ у районах відкритого моря. Спроба нормувати вірогідність більш детально є некоректною, оскільки при плаванні в каналах малої ширини визначення місця технічними засобами неможливо, враховуючи той факт, що управління судном виконується візуальним окомірним способом.

У стандарт ММО включено таблицю, що містить вимоги до точності визначення місця M_0 , допустимий час плавання за зчисленням $t_{сч}$, залежно від дистанції до навігаційної небезпеки $D_{нн}$ за умови, що гірокомпас та лаг відповідають вимогам ММО, обчислення не коригувалося, похибки мають нормальний розподіл, а зміщення та дрейф враховуються з можливою точністю. Вимоги цього стандарту мають орієнтовний характер, оскільки ґрунтуються на середніх оцінках точності зчислення і не враховуються маневрені характеристики судна та способи визначення точності використаних приладів.

Міжнародна асоціація маячних служб регламентує розрахунок вірогідної небезпеки $P_{нб}$ виконувати за допомогою нормованої функції Лапласа, який може бути визначений за формулою (рис. 4):

$$P = 0,5 \left[\Phi \left(\frac{1-d'-\ell'}{m'} \right) + \Phi \left(\frac{d'-\ell'}{m'} \right) \right], \quad (5)$$

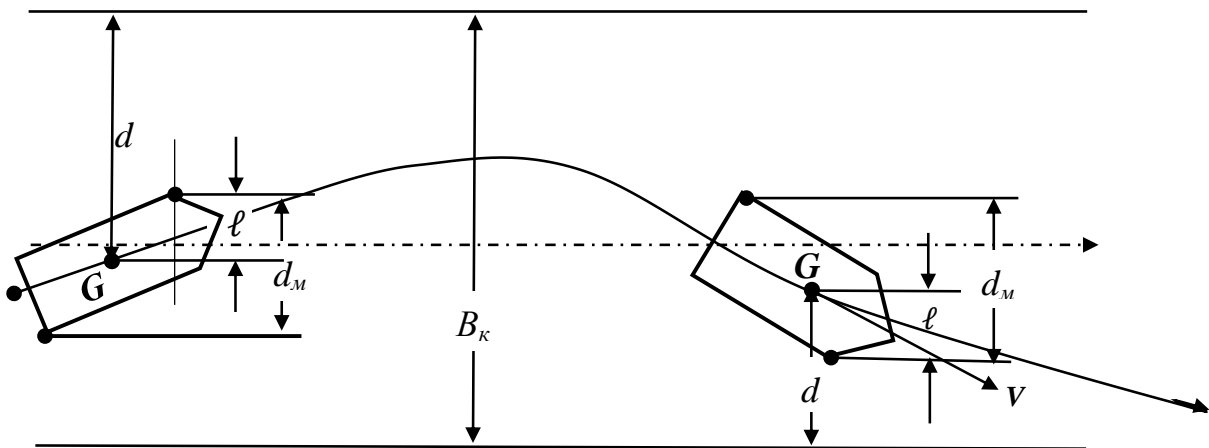


Рис. 4. Рух судна по осі каналу.

де $\Phi[\dots]$ – функція Лапласа; d_m – ширина маневреної полоси; d – найкоротша відстань від центра ваги до найближчої небезпеки; d' – відносна найкоротша відстань, $d' = d/B_k$; B_k – ширина каналу; m' – відносна лінійна СКП $m' = m/B_k$; ℓ – відстань між найбільш виступаючою характерною точкою корпусу судна і лінією, паралельною осі фарватеру; ℓ' – відносна відстань, $\ell' = \ell/B_k$.

Наприклад: при ширині каналу $B_k = 900$ м; $\ell = 90$ м; $d = 370$ м; $m = 280$ м, тоді $\ell' = 0,1$; $d' = 0,41$; $m' = 0,32$. Після розв'язання формули (5) отримаємо вірогідність безпеки плавання по каналу $P = 0,768$.

Аварійне управління процесом маневрування судна при кібернетичних атаках виконується шляхом обсерваційного зчислення. Воно представляє собою неперервне врахування руху судна по безпечному, попередньо прокладеному на карті шляху.

В судноводінні існує два способи виконання зчислення: 1) графічне; 2) письмове. Суть графічного зчислення закладається в нанесенні положення судна на паперовій чи електронній карті відносно початкової точки, за допомогою штурманських інструментів для прокладки координат.

Особливістю графічного зчислення при кібернетичних атаках являються:

- відсутність паперових карт крупного масштабу (в зв'язку з переходом з 2018 року всіх суден світу на електронні карти), що значно затрудняє виконання графічної прокладки;
- наявність високоточних координат ТТ, визначених за шляховими точками.

Проте, шляхові точки вибираються ретельно судноводієм за геодезичними лініями або рівновіддаленими до навігаційних небезпек, а координати ТТ розраховуються за існуючими на момент рейсу характеристиками поворотності. Тому такі координати являються оптимальними з точки зору їх безпечного розташування відносно навігаційних небезпек. За цією причиною планові координати в рейсовому циклі змінювати не рекомендується. Крім того виникає проблема з розташуванням початкової точки виконання графічного зчислення, яка потребує чіткого визначення початку кібернетичної атаки і відповідної ТТ на цей момент.

При роботі навігаційних приладів ходового містка в штатному режимі існують чотири способи виконання обсерваційного зчислення:

- 1) за координатами обсервацій, які поступають від одного або декількох засобів визначення місця;
- 2) регресійний і регресійно-ковзний;
- 3) послідовний спосіб;
- 4) метод Калмана.

Спосіб виконання обсерваційного зчислення визначається навігаційними умовами плавання, наявністю відповідного класу обчислювальної техніки та відсутністю обмежень за часом, який необхідний для виконання відповідних обчислень.

Перший спосіб відрізняється тим, що при надходженні результатів обсервації на вихід системи визначення місця судна згладжування похибок навігаційних приладів не виконується. Характеристики точності координат співпадають з похибками навігаційного приладу чи способу визначення місця, яким виконується їх вимірювання чи розрахунок.

Оцінку точності і оптимізацію другим, третім і четвертим способом розглядати не будемо, оскільки вони потребують наявності комп'ютера, який вийшов із ладу під час кібернетичних атак.

Виконання обсерваційного зчислення при управлінні маневруванням від аварійного кластера потребує належної підготовки координат шляху в рейсовому циклі у вигляді матриць ТТ. Крім того необхідно мати результати обсервацій одного й того ж резервного приладу визначення місця судна чи використання способу обсервації з постійною дискретністю до 30 хвилин. В результаті періодично коригуємого зчислення обсерваціями підвищується точність зчислення, за рахунок контролю бічного зсуву та використання принципів динамічного позиціонування. Такі принципи дозволяють утримувати судно на планових ТТ автоматично з високою точністю за допомогою використання судових рушіїв і підрулюючих пристроїв. При невеликих відхиленнях коригування виконується без визначення причин бічного зсуву, шляхом відповідної зміни напрямку руху.

Під час дії кібернетичних атак необхідно використовувати способи визначення місця, які займають мало часу і використовувати електронні прилади навігаційного обчислення, які дозволяють виконувати оперативні розрахунки місця судна і точності визначення координат.

Японські прилади навігаційного обчислення дозволяють виконувати необхідні обчислення похибки місця середньоквадратичним еліпсом, за осями координат, широтою m_φ , довготою m_W та за формулами (2)-(4).

7. Перспективи подальшого розвитку досліджень

Для підвищення навігаційної безпеки [31-35] маневрування необхідно забезпечити оснащення судна спеціальним електронним приладом навігаційного обчислення, захищеним від кібернетичних атак, посилити захист існуючих навігаційних приладів ходового містка і технічних засобів машино-котельного відділення, які забезпечують роботу головного двигуна. Для цього потрібно на судні скоротити число ліній передачі інформації між приладами шляхом випромінювання.

Для підготовки суднового персоналу ходового містка до управління маневруванням необхідно розробити спеціальні програми навчання щодо виконання обов'язків екіпажу при кібернетичних атаках.

8. Висновки

1. Розроблено змістовну модель планування переходу, в якій використано спосіб визначення аварійно-небезпечних ділянок. Його необхідно використовувати заздалегідь, після закінчення планування координат переходу в рейсовому циклі, за навігаційними посібниками – картами, лоціями та іншими інформаційними матеріалами щодо навігаційних та кібернетичних ризиків.

2. Аналіз способів визначення точності оцінки параметрів маневрування при рейсовому циклі показав, що найбільш точною буде лінійна похибка місця за напрямком безпеки, яка дорівнює радіусу вектору подери, щодо відповідного еліпсу похибок m_d . При оцінці радіальною середньоквадратичною похибкою лінійна СКП за всіма напрямками однакова і дорівнює $m_r = M/\sqrt{2}$.

3. Встановлено, що відсутність систематизованих даних за кібернетично-небезпечними аварійними районами змушує судноводія рахувати аварійно-небезпечні райони навігаційних ризиків, відомості про які розміщено в доступних інформаційних джерелах такими, що співпадають з районами вірогідних кібернетичних ризиків.

4. Розглянуто блок схему автоматичного переходу системи управління процесом маневрування із штатного режиму в стан управління аварійним кластером при обсерваційному зчисленні. Установлено, що в штатному режимі система працює тоді, коли всі навігаційні прилади на ходовому містку знаходяться в робочому стані, а завантажений планом переходу аварійний кластер працює в режимі очікування.

5. Розроблено алгоритми роботи системи аварійного управління маневруванням, включаючи постійну роботу *аналізатора стану навігаційних приладів ходового містка*. Після приведення до ладу всіх навігаційних приладів ходового містка система автоматично перемикає управління рухом судна в штатний режим.

7. Встановлено, що вибір аварійно-небезпечних районів для кібернетичних атак виконується за ділянками шляху з навігаційними ризиками, які детально описані в лоціях, картах та оперативних джерелах з аварійності.

8. Визначено, що точність резервних навігаційних приладів та існуючі способи виконання штурманської роботи за допомогою класичного способу забезпечують навігаційну безпеку руху судна при кібернетичних атаках.

Список літератури:

- 1) Modernized Maritime Industry Transports Cyberthreats to Sea. URL: <http://surl.li/gerlvm>.

2) Shumilova, K., Shumilov, D., & Maltsev, A. (2024). Classification of Cyber Risks for Sea Vessel's Voyage Cycle. *Transactions on Maritime Science*, 13(1). <https://doi.org/10.7225/toms.v13.n01.w20>.

3) Shumilova K. (2022). Classification of navigational risks of the ship's voyage cycle. *The Scientific Heritage*, 95, 52–72. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7014246>.

4) 4. Shumilova, K. V., & Maltsev, A. S. (2022). Upravlinnia indyvidualnymy navihatsiinymy ryzykamy reisovoho tsykladu morskoho sudna. *Naukovo-tekhnichnyi zbirnyk «Sudnovodinnia»*, 33, 128-142. DOI: 10.31653/2306-5761.33.2022.128-142.

5) 5. Onishchenko O., Shumilova, K., Volyanskyu, S., Volyanskaya, Y., & Volianskyi, Y. (2022). Ensuring Cyber Resilience of Ship Information Systems. *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 16(1), 43–50. <https://doi.org/10.12716/1001.16.01.04>.

6) RESOLUTION A.529(13) adopted on 17 November 1983. ACCURACY STANDARDS FOR NAVIGATION. URL: <http://surl.li/htnayw>.

7) MSC-FAL.1/Circ.3/Rev.2. 7 June 2022. GUIDELINES ON MARITIME CYBER RISK MANAGEMENT. URL: <http://surl.li/szulhn>.

8) Vineetha Harish, A., Tam, K., & Jones, K. (2024). Literature Review of Maritime Cyber Security: The First Decade. *Maritime Technology and Research*.

9) Longo, G., Russo, E., Armando, A., & Merlo, A. (2023). Attacking (and defending) the maritime radar system. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, 18, 3575-3589.

10) Kayisoglu, G., Bolat, P., & Tam, K. (2022). Evaluating SLIM-based human error probability for ECDIS cybersecurity in maritime. *The Journal of Navigation*, 1–25. <http://doi.org/10.1017/S0373463322000534>.

11) Awan, M. S. K., & Al Ghamdi, M. A. (2019). Understanding the vulnerabilities in digital components of an integrated bridge system (IBS). *Journal of Marine Science and Engineering*, 7(10), 350. <https://doi.org/10.3390/jmse7100350>.

12) Botunac, I., & Grzan, M. (2017). Analysis of software threats to the automatic identification system. *Shipbuilding: Theory and Practice of Naval Architecture, Marine Engineering and Ocean Engineering*, 68, 97-105. <https://doi.org/10.21278/brod68106>.

13) Yoo, Y., & Park, H. S. (2021). Qualitative risk assessment of cybersecurity and development of vulnerability enhancement plans in consideration of digitalized ship. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(6), 565. <https://doi.org/10.3390/jmse9060565>.

14) Bolbot, V., Kulkarni, K., Brunou, P., Banda, O. V., & Musharraf, M. (2022). Developments and research directions in maritime cybersecurity: A systematic literature review and bibliometric analysis. *International Journal of Critical Infrastructure Protection*, 39, 100571. <https://doi.org/10.1016/j.ijcip.2022.100571>.

15) RESOLUTION A.424(XI) adopted on 15 November 1979. URL: <http://surl.li/chglhl>.

16) A.478(XII) adopted on 19 November 1981 Performance Standards. URL: <http://surl.li/xitoup>.

17) Рекомендації щодо організації штурманської служби на морських суднах України (РІССУ-98) (1998). Пд. НДІМФ, 111 с.

18) Михайлов В. С., Кудрявцев В. Г. (2006). Навігація і лоція. Навчальний посібник. К: Арістей, 832 с.

19) Михайлов В. С., Кудрявцев В. Г. (2006). Забезпечення навігаційної безпеки. Навчальний посібник. К: Арістей, 380 с.

20) Чапчай П. А. (2014). Сучасні морські системи курсовказівки. Навчальний посібник для курсантів морських закладів вищої освіти. Одеса: ОНМА, 172 с.

21) Maltsev A.S. (2023). Navigation support for the process of managing the maneuvering of a sea vessel. *Maneuvering booklet*. Eliva Press, 218 p. <https://www.elivabooks.com/en/book/book-8240761357>.

- 22) Мальцев А. С., Бень А. П. (2019). Системи прийняття рішень щодо управління рухом судна. Монографія. Херсон: ХДМА, 240 с.
- 23) Мальцев А. С. (2020). Динамічне позиціонування судна при відхиленнях параметру управління, величина якого порівняна з похибками його визначення. Науковий вісник Херсонської державної морської академії: науковий журнал. Херсон: ХДМА, вип. 1 (20), С. 44-54.
- 24) Мальцев А. С., Шумілова К. В., Шумілов Д. І., Муравйов Г. М. Система управління кібербезпекою маневрування морського судна при рейсовому циклі : пат. МПК G08G 3/02 (2006.01) ; № а202300014 ; заявл. 03.01.2023 ; опубл. 09.08.2023, Бюл. 32, С. 139-140.
- 25) Мальцев А. С., Шумілов Д. І. Система вибору виду маневрів останнього моменту для попередження зіткнення морських суден при надмірному їх зближенні : пат. МПК G08G3/00 G08G3/02 ; № а202204105 ; заявл. 31.10.2022 ; опубл. 06.12.2023, Бюл. 49/2023.
- 26) Мальцев А. С., Сурінов І. Л., Шумілова К. В. (2022). Вибір шляхових точок при плануванні рейсового циклу судна. Cognum Publishing House. Manchester, United Kingdom, С. 230-242. <https://sci-conf.com.ua/xi-mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferentsiya-international-scientific-innovations-in-human-life-11-13-maya-2022-goda-manchester-velikobritaniya-arhiv/>.
- 27) Bridge Procedures Guide, Sixth Edition. URL: <https://salo.li/c6f4ed9>.
- 28) Resolution A.893(21) IMO. Guidelines for voyage planning. URL: <http://surl.li/hutxso>.
- 29) The International Organization for Marine Aids to Navigation. URL: <https://www.iala.int/about-iala/>.
- 30) ДСТУ ISO/TR 31004:2018 «Менеджмент ризиків. Принципи та настанови». URL: <http://surl.li/uksln>.
- 31) Шумілова К. В. (2021). Реалізація стратегії кібербезпеки в системі управління безпекою судна. Науково-технічний збірник «Судноводіння». Одеса: НУ «ОМА», Вип. 31, С. 99-107. <https://doi.org/10.31653/2306-5761.31.2021.99-107>.
- 32) Surinov I., Shumilov D.: Cybersecurity of the Processes of Manoeuvring in Confined Waters. TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, Vol. 17, No. 3, doi:10.12716/1001.17.03.25, pp. 723-732, 2023.
- 33) Мальцев А. С., Шумілов Д. І. Система вибору виду маневрів останнього моменту для попередження зіткнення морських суден при надмірному їх зближенні : пат. МПК G08G3/00 G08G3/02 ; № а202204105 ; заявл. 31.10.2022 ; опубл. 06.12.2023, Бюл. 49/2023.
- 34) Мальцев А.С. Теорія та практика безпечного управління судном при маневруванні. [текст]. Дис. докт. техн. наук : 05:22:16. Одеса, 2007.
- 35) BIMCO. (2021). The guidelines on cyber security onboard ships. International Chamber of Shipping, 4, 1-53. URL: <https://www.bimco.org/about-us-and-our-members/publications/the-guidelines-on-cyber-security-onboard-ships>.
- 36) Мальцев А. С., Сурінов І. Л., Шумілова К. В. Система визначення навігаційних ризиків рейсового циклу та управління їх рівнем : пат 151907 (51) МПК G08G 3/02 (2006.01) ; № u 2022 01850 ; заявл. 01.06.2022 ; опубл. 28.09.2022; Бюл. № 39.

Assessment of the accuracy of determining the vessel's position by observational calculation and maneuvering parameters in case of cyber risks

Dmytro Shumilov

National University «Odessa Maritime Academy», Educational and Scientific Institute of Navigation, Odessa, Ukraine
ORCID: 0009-0009-6242-8620

Abstract: Cyber-risks, which are associated with the wide implementation of information technologies and the use of wireless communication lines between devices on ships, and external communication between them, lead to the need to switch to observational calculation. In case of cyber-attacks, the standard navigational devices fail regardless of the development of special constructive measures to prevent such a possibility during their operation. Therefore, it is necessary to develop special recommendations on ways to preserve navigational safety in the event of cyber-attacks. An analysis of modern methods of determining the accuracy of estimation of maneuvering parameters was performed and methods of maintaining the accuracy of determining the parameters of conducting observational calculations during cyber-attacks were developed. It is shown that there are no backup devices for determining the distance to oncoming vessels and coastal and floating navigational marks. It is necessary to use an eyes comparative method of determining the distance and a sextant to calculate the distance. However, for it's use, it is necessary to prepare data on the height of coastal landmarks, if they are in accident-dangerous areas of the passage, and an electronic navigational computing device protected from cybernetic attacks. The analysis of the accuracy of the methods of determining the parameters of the observational calculation and the use of backup devices, tools and methods of work of navigators, allow us to assert that the bridge team has enough methods and tools to ensure navigational safety in the event of a cyber-attacks in the voyage cycle. However, for this, it is necessary to determine the presence of accident-dangerous sections of the route when planning the voyage cycle and prepare backup devices, the necessary navigational tools and the bridge team to work in conditions of cyber-attacks.

Keywords: cyber-attack; method of accuracy assessment; observational calculation; spatially eyes comparative method of determining the distance; navigation safety in the event of a cyber-attack; accident-dangerous area; preparation of the bridge team for observational calculation.
