

- 
4. Кнорозов Б.В., Усова Л.Ф., Третьяков А.В. и др. Технология металлов и материаловедение.- М.: Металлургия – 1987. – 800 с.
  5. Самохоцкий А.И., Кунявский М.Н. Металловедение. – М.: ГНТИ МСЛ – 1955. – 448 с.
  6. Ковальчук Ю.Л., Карпов В.А., Михайлова О.Л., Андриющенко В.В. О факторах морской среды, влияющих на коррозионные процессы в тропиках //Тропикостойкость и тропикализация техники и материалов. Ч.3. – М. – Ханой – 1997. – С.80-89.
  7. Сорокин В.Г., Волосникова А.В., Вяткин С.А. и др. Марочник сталей и сплавов. – М.: Машиностроение – 1989. – 640 с.

**Михеев О.І.**

### **ВПЛИВ ОБРОСТАННЯ ТА НИЗЬКИХ ТЕМПЕРАТУР НА БЕЗПЕКУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СУДЕН**

*Проведено аналіз впливу обростання та мінусових температур на корозійну стійкість та міцнісні характеристики суднових корпусних сталей в процесі їх експлуатації. Дана структурна градація корпусних сталей за їх призначенням у різних погодних умовах.*

***Ключові слова:** обростання, втомленість металів, границя витривалості, ударна в'язкість.*

**Miheev O.**

### **INFLUENCE FOULING AND LOW TEMPERATURES ON THE SAFE OPERATION OF SHIPS**

*This article gives the analysis of influence of fouling and negative temperatures on corrosive resistance and strengthening characteristics of ship's hull steels during their operations. The gradation of ship's hull steels concerning their using in different weather conditions is presented.*

***Keywords:** fouling, metal fatigue, endurance limit, the toughness.*

УДК 621.396.98

**Носовський А.М.**

### **МЕТОДИКА КОМПЛЕКСНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСАМИ СКЛАДНОЇ ДИНАМІЧНОЇ СИСТЕМИ НАВІГАЦІЇ ТА УПРАВЛІННЯ РУХОМ СУДЕН У ЕКСТРЕМАЛЬНИХ УМОВАХ СУДНОВОДІННЯ**

*Розроблена та апробована методика комплексного моделювання різноманітних процесів складної динамічної систем навігації та управління рухом суден у екстремальних умовах реального судноводіння. Незмінна частина методики формує базове інформаційно-аналітичне забезпечення з процедурами символічних перетворень. Всі поточні фактори реального впливу різних факторів навколишнього середовища забезпечують чисельну адаптацію результатів прогностного моделювання поточних ризиків судноводіння.*

***Ключові слова:** навігація, управління, судноводіння, безпека руху, методика моделювання, оцінки, безпека, ефективність.*

**Вступ. Аналіз сучасного стану проблеми.** Результати досліджень ефективності існуючих систем навігації та управління рухом (СНУР) водними транспортними засобами (ВТЗ) показують, що їх доцільно вдосконалювати, особливо для запобігання аварій, втрати ефективності, ухилення від катастроф [1].

---

Методики моделювання складних динамічних систем (СДС), до класу яких належать СНУР ВТЗ достатньо ефективно забезпечують режими проектування самих суден та засоби гарантовано-адаптивного управління під час судноводіння в нормальних, штатних, розрахункових умовах. Інформаційна технологія моделювання СДС СНУР ВТЗ в значній більшості практичних застосувань базується на апробованих пакетах чисельних розрахунків, наприклад, Matlab, Mathcad, Mathematica. Основні недоліки такого чисельного моделювання пов'язані зі значними втратами часу надсучасних електронно-обчислювальних машин, комплексів, систем. Внаслідок цього всі проектні роботи проводяться у режимах on-line, що не задовольняє практику судноводіння в реальних умовах плавання на акваторіях, що відчувають суттєві впливи збурень оточуючого навколишнього середовища, які варіюються та змінюються.

**Мета та постановка задачі.** Розробка методики комплексного (гібридного символічно-чисельного) моделювання процесами СДС СНУР ВТЗ під час екстремальних (позаштатних, випадкових, загрозливих) умов судноводіння в поточній ситуації плавання в зоні підвищеного ризику подій (ЗПРП), які наближають та прискорюють тенденцію потрапляння в аварію.

**Основний результат дослідження.**

Пропонується методика (Рис. 1), що базується на символічно-аналітичних закономірностях, отриманих під час реального функціонування апаратних та програмних засобів, побудованих з урахуванням головних факторів впливу зовнішнього середовища на СДС.

Методика синтезу технологій символічних перетворень полягає у врахуванні наявності багатофункціональних впливів на результуючі параметри, які визначені в цільових аналітичних моделях [2, 3, 4, 5]:

- точність виконання технологічних операцій роботи бортової навігаційної апаратури в умовах судноводіння на річці;
- курсова стійкість як нормований рівень відхилення від заданого напрямку руху ВТЗ;
- критична швидкість руху, що обумовлює стан нестійкості самого ВТЗ або його наближення до небезпеки;
- рівні продольних та поперечних коливань ВТЗ під час руху по водній поверхні внутрішніх водних шляхів (ВВШ);
- ефективність режимів роботи запропонованої системи ведення за заданим напрямком з двома GPS-антенами, які підключені до одного бортового центру навігаційного забезпечення судноводіння;
- показники стабільності руху за умов використання оцінок, що характеризують ступінь відхилення та закон корегуючого управління ВТЗ.

Відповідно до мети та завдань методика синтезу символічних перетворень передбачає наступні кроки інформаційної технології моделювання СДС СНУР ВТЗ.

1. *Визначення цілей та задач і зняття невизначеності динаміки руху суден по судновому ходу.* Цілі зняття невизначеності (Рис. 1) полягають у формуванні структур баз даних СНУР суден у ЗПРП на акваторії ВВШ:

- зафіксувати метеорологічні умови на момент досліджень;
- визначити попередній стан хвильової водної поверхні;
- зафіксувати технічні характеристики рульової машини ВТЗ;
- перевірка керованості ВТЗ та значень, що обмежують максимальний кут повороту пера руля.

Рух ВТЗ безпосередньо під час досліджень описуємо за умов, якщо:

- визначити курсову стійкість ВТЗ (відхилення від заданого напрямку), під час виконання маневрування;
- визначити час на стабілізацію руху ВТЗ на шляху за умов відхилення;

1. Формалізація задач навігації та управління рухом суден.
2. Фіксування умов та особливостей відношень у зонах судноводіння.
3. Стандартизація типових ситуацій та причинно-наслідкових відношень
4. Моделювання нелінійної динаміки перехідних процесів, накопичення бази знань типових моделей у області ДТ зображень, зняття невизначеності шляхом фіксування алгебраїчно параметризованих розв'язків.
5. Аналітичний опис та упорядкування типових траєкторій згідно заданих умов на
6. Визначення небезпечних та безпечних областей навігації у ЗППП.
7. Технічна діагностика внутрішнього стану рухомого судна.
8. Оперативний план-завдання у вигляді програмної траєкторії маршруту.
9. Моніторинг розвитку процесів та полів навколишнього середовища.
10. Навігація під час реалізації руху на програмній траєкторії суднового ходу.
12. Уточнення формалізації та деталізація причин реальних відхилень від програмної траєкторії руху в умовах накладання різних змін факторів довкілля.
13. Корегування та адаптація робочих моделей до реальних умов судноводіння на поточній акваторії плавання на ВВП.
14. Забезпечення заданої точності стабілізації експлуатаційних коливань.
15. Гарантовано-адаптивне управління в дестабілізуючих умовах впливу течії, вітру, приєднаних мас та інших факторів довкілля.
16. Підвищення точності оперативної курсової навігації та законів стабілізації планових змін при русі на програмній траєкторії.
17. Узагальнення досвіду експлуатації та символічної алгебраїзації закономірностей реального спостереження руху суден.

*Рис. 1. Методика застосування символічних (логіко-алгебраїчних) перетворень для задач СНУР суден у складних умовах*

- визначити критичну швидкість (стійкості руху самого судна) в залежності від факторів впливу;
- зафіксувати продольні та поперечні коливання ВТЗ на курсі;
- визначити точність місцеположення ВТЗ за показниками прийомоіндикатора в контурі ручного управління;
- зробити порівняння роботи декількох систем судноводіння ВТЗ;
- провести статистичну обробку отриманих результатів експериментальних досліджень [6, 7, 8, 9, 10].

Цілі накопичення експериментальних результатів, а також моделювання та порівняння варіантів режимів застосування різноманітної апаратури користувачів доцільно використовувати у складі бортового багатофункціонального комплексу (ББК) СНУР ВТЗ у стислих умовах ВВП. Запропонована побудова єдиної інформаційної моделі (СІМ) та її

СУБД дозволяє згідно оперативних питань надати наступні відповіді: висновки; рекомендації та технічні пропозиції на майбутнє; схеми та алгоритми підвищення безпеки руху суден шляхом зниження ризику аварійних подій; закони управління для своєчасного попередження збурення, перешкоди, завади; види навігаційних небезпек у районі обслуговування зони інтенсивного судноводіння.

2. *Врахування зовнішніх просторово-часових факторів впливу навколишнього середовища на траєкторію руху судна в заданих межах акваторій.*

2.1. *Перелік початкових та граничних умов судноводіння.*

Фактичний рух судна на ВВШ відображає результуючу узгоджену взаємодію багатьох природних та соціотехнічних факторів зовнішнього середовища. Запропоновано результати експериментальних досліджень представляти у символічно-аналітичних твердженнях. Найбільш точно (у межах можливого) фіксування необхідне для результатів вимірювання як внутрішніх, модельних факторів, так і всіх зовнішніх головних факторів зовнішнього середовища. Для конкретних поточних задач динаміки СДС треба фіксувати початкові умови:

- дата експерименту: рік, місяць, день, день робочого тижня;
- час початку руху: час, хвилини, секунди;
- програмна траєкторія руху (траєкторії маршруту на паперовій карті та ECDIS);
- погодні умови в акваторії плавання:
  - стан атмосфери, іоносфери, тропосфери;
  - характеристика вітру, течії та потоків за маршрутом хвильового стану на поверхні акваторії.

Характеристика судна та його математична модель повинні бути узгоджені для врахування реакцій на дію вітру, течії та потоків води, хвильового опору в межах єдиного гідро-аеродинамічного опору при маневруванні. Стан супутникових угруповань обох глобальних навігаційних супутникових систем (ГНСС), а саме GPS та ГЛОНАСС у символічному вигляді включає прогнози балістично-навігаційні рухи окремих навігаційно-космічних апаратів. СУБД СНУР судна має характеристики комплексу технічних засобів управління для забезпечення руху за допомогою двигуна та авторульового для маневрування та стабілізації руху.

2.2. *Оцінка дії впливу вітру на рух судна в заданих умовах.*

Рух повітряної маси впливає на гідродинамічний рух ВТЗ [11]. Символьні закономірності між нестационарним просторовим тиском у повітрі та відповідною течією вітру зі змінними значеннями його швидкості та напрямку відображаються у вигляді залежності від просторово-часової точки вимірювання точних параметрів. Найбільші коливання параметрів вітру існують в шарі контактної взаємодії повітря та водної коливальної поверхні. Течії хвильових мас повітря та води нелінійно взаємодіють та разом з цим обумовлюють спільну дію на корпус ВТЗ. Шкала сили вітру у балах відома [12]. Правила типу {якщо  $\rightarrow$  тоді} рекомендують ухід судна з ЗПРП в укриття при штормах та ураганах (середні швидкості  $>18$  м/с з поривами вітру  $>29$  м/с та  $>53$  м/с). Експериментальні дослідження зафіксували, що доцільно проводити рейс, коли середня швидкість  $<9$  м/с та пориви вітру  $<23$  м/с.

База знань використовує найбільш відому формулу Давенпорта для оцінки спектру пульсацій швидкості вітру

$$S_v = \frac{4KV_{10}n}{2\pi(1+n^2)^{4/3}} \quad (1)$$

Якщо одночасно взаємодіють повітряні та хвильові водні потоки, тоді їх спільна дія враховується шляхом сумування спектрів

$$S_{vw}(\sigma) = S_v(\sigma) + S_{\xi w}(\sigma), \quad (2)$$

де  $S_{\xi w}(\sigma)$  - спектр пульсацій водної поверхні визначається за формулою

$$S_{\xi w}(\sigma) = S_{\xi}(\sigma) \exp\left(-20 \frac{\xi}{\lambda}\right). \quad (3)$$

Стандартизована модель вітру в зоні плавання ВТЗ може мати вигляд

$$V(t) = V_{\sigma} + \Delta V(t), \quad (4)$$

де  $V_{\sigma}$  - розрахунково-базова стала, яка характеризує постійну дію вітру на інтервал часу спостережень;

$\Delta V(t)$  - випадкова складова нестационарної пульсації швидкості вітру, яка може бути оцінена за результатами вимірів та обробкою часового ряду, наприклад, у символічному вигляді

$$\Delta V(t) = \sum_{i=1}^n a_i \cos(\omega_i t). \quad (5)$$

Тиск рухомого повітря (швидкісний напір), що діє на нормалі до площини стінки можливо аналітично розрахувати за даними складових вітру

$$q = \frac{\rho}{2} \sum_{i=1}^n V_i^2, \quad (6)$$

де  $\rho$  - масова щільність потоку повітря (для міжнародної стандартної атмосфери:  $0,125 \frac{\text{кг} \cdot \text{с}^2}{\text{м}^2}$ );

$V_i$  - складова швидкості спектру повітряного потоку (м/с);  $q$  - результуючий швидкісний напір у точці виміру (кгс/м<sup>2</sup>).

Практично аеродинамічні сили та моменти опору, що прикладені до корпусу ВТЗ, залежать від зовнішнього середовища, яке формує кути атаки та профіль тиску вітру, а також від внутрішніх особливостей самого судна (конфігурації та площі надбудов, розміщення та габаритів палубного вантажу, діаметральної площини та осі симетрії). Геометрична складність реальної форми та соціальна практика перевезень не сприяють точним розрахункам. Оцінки можливо отримати за умов знання розрахункових припущень стосовно квазістационарності та однорідності. Саме це дозволяє використовувати алгебраїчні рівняння

$$\begin{aligned} R_{AX} &= \frac{\rho}{2} C_{aX} F_X V^2, & M_{AX} &= \frac{\rho}{2} C_{MX} F_X L V^2, \\ R_{AY} &= \frac{\rho}{2} C_{aY} F_Y V^2, & M_{AY} &= \frac{\rho}{2} C_{MY} F_Y L V^2, \\ R_{AZ} &= \frac{\rho}{2} C_{aZ} F_Z V^2, & M_{AZ} &= \frac{\rho}{2} C_{MZ} F_Z L V^2, \end{aligned} \quad (7)$$

де  $C_{aX}, C_{aY}, C_{aZ}, C_{MX}, C_{MY}, C_{MZ}$  - аеродинамічні коефіцієнти, які для даної геометрії ВТЗ враховують також кут атаки вітру та параметри посадки корпусу;

$F$  - характерна площа парусності (м<sup>2</sup>);  $L$  - характерний лінійний розмір (м);  $V$  - відносна швидкість вітру, як сумарний вектор, що складається з швидкості вітру відносно нерухомої поверхні землі (істина) та вектору швидкості руху корпусу ВТЗ (м/с).

Під час маневрування ВТЗ в умовах впливу нестационарного вітрового потоку за рахунок змін кута атаки переміщення корпусу можуть стати небажаними (неочікуваними) для судноводія (ОПР).

*2.3. Особливості судноводіння за умов хвильового коливання водної поверхні в межах акваторії.*

Багато факторів формують реальну картину хвильового коливання водної поверхні. Найбільш впливові з них: сила вітру та його тривалість за площею поверхні формування нагінної хвилі; глибини акваторії плавання; наявність берегів, мілководдя, скель та інших масштабних об'єктів, які змінюють напрями та фронти хвиль. Практика судноводіння

розрізняє декілька видів хвилювання, які є наслідком спільної дії усіх впливових факторів. В натурних умовах визначаємо такі показники, як тип течії та попередній стан ділянки ВВШ. Всі показники по стану течії зберігаються за стандартною методикою у СУБД СНУР.

За результатами моделювання коливань водної поверхні після виконання відповідних операцій будують визначені параметри математичної моделі. Просторові коливання ВТЗ виникають внаслідок нестационарного руху та хвилювання водної поверхні.

Чисельними дослідженнями практично доведено, що у більшості випадків поперечний профіль зміни амплітуди хвилі зручно описувати законом, який можна апроксимувати у вигляді ряду гармонійних функцій. Тому висоту нерівностей водної поверхні дамо за законом

$$f_n = \sum_{i=1}^n \lambda \left( 1 - \cos \left( \frac{2\pi x}{\alpha} + \varphi_i \right) \right), \quad (8)$$

де  $f_n$  - висота нерівностей водної поверхні, м;  $\lambda$  - половина висоти нерівності, м;  $\alpha$  - крок нерівностей по водній поверхні, м;  $x = V \cdot t$  - поточна змінна, м;  $V$  - швидкість руху ВТЗ, м/с;  $\varphi_i$  - початкова фаза;  $t$  - час руху, с.

Класифікація хвильових фронтів за рівнем бальності відома [12]. При моделюванні руху по водній поверхні з нестационарним рівнем хвилювання використовуємо аналітичні спектральні щільності.

*2.4. Визначення умов течії гідродинамічного потоку та дії гідродинамічних факторів у конкретних ситуаціях руху судна.*

Течії фізично здійснюють переміщення водного середовища з певною швидкістю руху потоку в зоні спостереження. Зв'язна система координат дозволяє визначити гідродинамічні сили та моменти внаслідок дії течії згідно алгебраїчних символічних виразів [12]

$$\begin{aligned} R_{IX} &= \rho_{\text{в}}/2 C_{2X} F_{\sigma} V^2, \\ R_{IY} &= \rho_{\text{в}}/2 C_{2Y} F_{\sigma} V^2, \\ R_{IXOY} &= \rho_{\text{в}}/2 C_{2M} F_{\sigma} V^2, \end{aligned} \quad (9)$$

де  $C_{2X}, C_{2Y}, C_{2M}$  - безрозмірні гідродинамічні коефіцієнти;  $\rho_{\text{в}}$  - масова щільність води (кгс  $\text{с}^2/\text{м}^4$ );  $F$  - приведена площа підводної частини ВТЗ,  $\text{м}^2$ ;  $V$  - уявна швидкість руху ВТЗ, яка отримана шляхом сумування векторів швидкості істинної течії та руху корпусу, м/с.

Гідродинамічні коефіцієнти суттєво впливають на точність розрахунків, і тому треба здійснювати ряд перевірок та оцінок їх адекватності та коректності відносно даного конкретного ВТЗ на різних кутах дрейфу в межах акваторії.

Наприклад, гідродинамічні характеристики оцінюємо аналітично [12, 13].

Приєднані маси води у гідродинамічному потоці та моменти інерції води в контактній зоні взаємодії з корпусом судна необхідно знати при русі судна на глибокій воді, а також на мілководді. В простих випадках запропоновано робити перерахунок на поточні умови руху судна

$$\lambda_{11} = K_{11} \rho V_{\text{вс}}, \quad (10)$$

де  $K_{11}$  - безрозмірний коефіцієнт (у інтервалі 0,02-0,5) форми корпусу;

$\rho$  - щільність приєднаної маси води (кг/м<sup>3</sup>);

$V_{\text{вс}}$  - об'єм водомісткості судна (м<sup>3</sup>).

Довідник по теорії корабля [12] дозволяє оцінити чисельно необхідні коефіцієнти, використовуючи діаграми та параметри тривісного еліпсоїда.

Фізичні процеси взаємодії ВТЗ у водному та повітряному середовищах якісно подібні. Але вони потребують точного відображення кількісних параметрів. Суттєва різниця полягає в різній в'язкості повітря та води. Геометрія реальних ВТЗ характеризується тим, що продольні розміри  $L_{КВЛ}$  значно більші, ніж поперечні розміри  $B$  корпусу. Обводи ВТЗ змінюють характеристики потоку, тому для подолання сил в'язкого тертя потрібна додаткова

енергія. Це особливо має значення під час маневрування, коли швидкість руху ВТЗ відносно потоків води та повітря значна.

*3. Оцінка стану та режимів роботи систем навігації та управління рухом суден у зоні відповідальності диспетчерського центру транспортної інформаційно-управляючої системи.*

В аналітичних дослідженнях необхідно враховувати реальні режими роботи ДЦ ТІУС:

- ефективність роботи засобів адаптивної інтеграції базових інформаційних технологій ПАК, які розосереджені в просторі та поєднані засобами телекомунікації;
- показники ефективності та стійкості адаптивного мультиагентного діалогу в розподіленій інтегрованій системі, яка працює в зоні обслуговування руху ВТЗ на ВВШ;
- точність виконання маневрів ВТЗ у аварійних ситуаціях з використанням бортової навігаційної апаратури в реальних умовах руху на ВВШ;
- критична швидкість руху, що обумовлює стан узгодженості кроків дискретизації взаємодіючих ПАК;
- ефективність режимів роботи запропонованої системи обміну повідомленнями між ББК ВТЗ та ДЦ ТІУС.

Відповідно до наведеної методики синтезу ефективність роботи алгоритмічного та програмного забезпечення запропонованої адаптивної інтелектуалізації інформаційно-аналітичної технології змінюється за рахунок процесів отримання, обробки, збереження, копіювання, обміну даними. Мережі розподілених баз даних та знань підвищують працездатність мультиагентної роботи спеціалізованої ТІУС за рахунок неперервного обслуговування зони підвищеного ризику подій на ділянках ВВШ.

Оцінку стану та режимів роботи циркуляції електронних потоків запропоновано здійснювати за параметрами трафіків, які контролюють під час експлуатації СНУР суден в зонах обслуговування ДЦ ТІУС.

*4. Особливості поточних умов експлуатації програмно-апаратних комплексів бортових та берегових засобів систем навігації та управління рухом суден на внутрішніх водних шляхах України.*

В умовах експлуатації визначають вплив різних факторів на керованість ПАК СНУР суден. В програму оцінювання параметрів керованості входить:

- перевірка керованості ВТЗ при прямолінійному русі;
- перевірка керованості ВТЗ при русі по колу (статистична обертальність).

Визначення впливу ключових факторів на керованість передбачає:

- знаходження  $R_{\min}$ ;
- знаходження передавального числа рульового управління  $i_{\text{руль}}$ ;
- оцінка легкості рульового управління та реакція рульової машини.

Параметри керованості при прямолінійному русі оцінюється величиною відхилення лінії руху ВТЗ від прямої на довжині  $>100$  м та значенням кута повороту рульового механізму, що забезпечує рух ВТЗ по прямій. При цьому враховуються всі особливості як і суб'єктивні відчуття судноводія. Випробування простіше проводити на спокійній водній поверхні. ВТЗ при випробуванні рухається в нормальному режимі. Робочі та транспортні передачі встановлюються на повну подачу палива.

Якість стабілізації програмного руху оцінюється за швидкістю повернення керма до прямолінійного руху при виході з повороту. На ділянці ріки ВТЗ рухається по колу радіусом приблизно 20-25 м з невеликою швидкістю (5-6 км/ч), записується час і швидкість повернення до прямолінійного руху. Повторність досліду 3-х кратна або більша.

Особливості конкретної реалізації ПАК СНУР суден, згідно запропонованої методики (Рис. 1), пов'язані з складом [8]:

- офісна апаратура (ДЦ ТІУС), що забезпечує побудову адекватної технологічної електронної карти (АТЕК) для заданої акваторії та визначених технологічних операцій, щоб в аналітичному вигляді визначити необхідні параметри руху ВТЗ;

- бортова апаратура, що безпосередньо забезпечує контроль руху ВТЗ за заданою траєкторією з видачею необхідних сигналів на гідравлічні підсилювачі рульової машини керма та механізмів зміни оборотів гвинта.

Сучасні мікропроцесорні обчислювальні засоби, які застосовуються у бортовій апаратурі, реалізують принципи:

- оптимальна фільтрація навігаційних даних GPS-системи з метою отримання більш якісної високоточної координатної інформації;
- визначення сигналів оптимального управління для реалізації маневрених траєкторій запобігання зіткнень та небезпек.

Бортова апаратура для зменшення впливу всіх похибок, які викривляють інформацію, а також для формування оптимального управління з врахуванням динамічних характеристик ВТЗ застосовує оптимальну фільтрацію навігаційних GPS-даних. Особливості, за критеріями корисності інформації про реальну траєкторію руху та якість формування управління, враховують навігаційні похибки:

- випадкові помилки шумової природи (до 30% вкладу);
- повільно змінні помилки (30-70%);
- “стрибки” (при зміні сузір’я - 50-70%).

Структура програмного забезпечення бортового мікропроцесора ББК СНУР судна складається з наступних програм:

- підготовки обчислювача та блока диспетчера (програми початкового пуску, контролю, організації обчислень, вводу та виводу даних);
- визначення за даними супутникових навігаційних систем (СНС) місцезнаходження та параметрів руху ВТЗ при роботі у ЗПРП;
- стабілізації курсових корегуючих сигналів при зміні швидкості руху ВТЗ;
- обчислення параметрів виконання завдання;
- контролю (справності, стану та робочих параметрів основних систем);
- реєстрації даних – запис на носій інформації (параметри виконаних у ЗПРП робіт, дані в момент аварійного переривання програм).

Алгоритми розрахунку координат і параметрів руху ВТЗ базуються на використанні географічних координат, що надходять від навігаційного приймача. Задача вирішується у відносних координатах відносно опорної точки ЗПРП ( $V, \kappa$  - у відповідності із даними СНС)

$$f_i = f_iC - f_i0; la = laC - la0, \quad (11)$$

де  $f_i, la$  - координати поточної точки у відносній системі координат (по відношенню до початкової точки руху ВТЗ  $f_{i0}, la_0$ );

$f_iC, laC$  - координати поточної точки за даними приймача СНС;

$V, \kappa$  - компоненти вектора швидкості.

Алгоритм визначення відхилення від заданої траєкторії обчислює відстань точки поточного положення агрегату від прямолінійної траєкторії руху ВТЗ ( $f_i, la$  – в градусній мірі,  $V$  – у м/сек):

$$Dx = (f_iC - f_{i0}) \times 1852;$$

$$Dy = (laC - la_0) \times 1852 \times \cos(f_iC + f_{i0})/2;$$

$$Ds = \sqrt{Dx^2 + Dy^2};$$

$$A = \arctg(Dy / Dx);$$

$$Dxg = (f_{i1} - f_{i0}) \times 1852;$$

$$Dyg = (la_1 - la_0) \times 1852 \times \cos(f_{i1} + f_{i0})/2;$$

$$dsx = Ds \times \cos DA;$$

$$dsy = Ds \times \sin DA;$$

$K_C$  = константа перерахунку;

$Dsy \leq Dsy_0$  - відхилення менше норми;

$V_{зад} - dV < V \leq V_{зад} + dV$  - відхилення не більше норми.



---

Координати точок початку руху ВТЗ програми беруться з АТЕК.

Алгоритми обчислення показників виконання операції (витрати палива  $B$ , пройдена відстань  $D$ , площа зони маневрування  $S$  та інші) побудовані на принципах численного інтегрування.

Запропонована методика пов'язана з процесами самонавчання, під час якого використовуються всі символічно-аналітичні моделі, що взаємодоповнюють збіг обставин просторово-часових подій у внутрішньому та у зовнішньому середовищах в заданих межах конкретних акваторій судноводіння.

Комплексна розрахунково-базова модель об'єднує головні впливові фактори: перелік початкових та граничних умов судноводіння у ЗППП; оцінки дії та впливу вітру на рух судна в заданих умовах; особливості судноводіння за умов означеного хвильового коливання водної поверхні; реальні режими течії гідродинамічного потоку та вплив приєднаних мас у конкретних режимах руху; оцінки станів та режимів роботи ПАК СНУР суден. Згідно запропонованої методики, будь-які запити стосовно реального руху судна породжують результуючі відповіді, логіка яких адекватна накопиченому рівню знань та поточній ситуації.

### Висновки

1. Визначено, що перспективні системи навігації та управління рухом суден відповідно до цілей в складних умовах збігу внутрішніх та зовнішніх факторів впливу оточуючого середовища повинні застосовувати символічні перетворення згідно запропонованої методики інтеграції знань в кодованій аналітичній формі, яка доцільна для розв'язку комплексу часткових задач, обумовлених конкретним розвитком ситуацій в зоні підвищеного ризику подій з аварійними наслідками.
2. Обґрунтовано багаточільове призначення єдиної інформаційної моделі складної динамічної системи, яка у просторово-часовому континуумі відображає множинну реальних типових подій та стаціонарних станів динаміки руху об'єктів водного транспорту, яка за рахунок символічно-якісного нормування попередніх етапів динаміки руху дозволяє знімати поточну невизначеність конкретної ситуації та тенденції її подальшого розвитку при існуючих початкових та граничних умовах.
3. Запропоновано реалізовувати процеси самонавчання шляхом системо-аналогового моделювання в символічно-аналітичній формі відображення більш поглиблених і взаємопов'язаних факторів дестабілізуючого впливу внутрішніх та зовнішніх особливих компонент оточуючого середовища в заданих межах конкретної акваторії зони підвищеного ризику плавання.
4. Доведено, що комплексна розрахунково-базова модель СДС об'єднує всі головні фактори та оцінки можливого впливу на розвиток поточної ситуації, що дозволяє суттєво підвищувати точність прискореного прогнозу змін подій в динаміці за рахунок своєчасного коригування розрахунково-оперативних моделей, які адекватно відображають реальні особливості обставин у конкретних складних умовах судноводіння.
5. Запропонована методика комплексного використання апробованих та верифікованих символічних закономірностей забезпечує оперативне надання відповідей на поточні питання стосовно майбутніх процесів навігаційного обслуговування в зазначених межах поточних акваторій ЗППП.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Габрук Р.А. Використання стаціонарних моделей збурюючих чинників для гарантування безпеки динамічного позиціонування / Р.А. Габрук // Системи управління, навігації та зв'язку. –К.: ЦНДІ НІУ, 2012. Том 2, Вип. 1(21). – С.83-86.
2. Вишневецький В.І. Дніпро біля Києва / Вишневецький В.І. – К.: Інтерпрес ЛТД, 2005. – 100 с.
3. Гордеев О.И. Оценка напряженности управления судном на различных участках рек / Гордеев О.И. – Москва, 1996. – 261 с.