

ТЕХНОЛОГІЯ ВИКОРИСТАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНО-СТІЙКОЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ КОНФЛІКТНИХ СИТУАЦІЙ ПРИ КЕРУВАННІ РУХОМ СУДНА ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ МОРСЬКИХ РАЙОНІВ

Машков О.А., Теут В.М.

Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Василя Липківського 35, 03035, Київ,
mashkov_oleg_52@ukr.net

Розглянуто питання автоматизованого керування судном екологічного моніторингу при виникненні конфліктних (нештатних) ситуацій. Запропоновано заходи системної реалізації державної політики щодо екологічного стану Чорного та Азовського морів за допомогою судна екологічного моніторингу. *Ключові слова:* екологічна безпека, судно екологічного моніторингу, техногенні забруднювачі, нафтопродукти.

Технология использования функционально-стойкой автоматизированной системы поддержки принятия решений для разрешения конфликтных ситуаций при управлении движением судна экологического мониторинга морских районов. Машков О.А., Теут В.М. Рассмотрены вопросы автоматизированного управления судном экологического мониторинга при возникновении конфликтных (нештатных) ситуаций. Предложены меры системной реализации государственной политики по экологическому состоянию Черного и Азовского морей с использованием судов экологического мониторинга. *Ключевые слова:* экологическая безопасность, судно экологического мониторинга, техногенные загрязнители, нефтепродукты.

The technology of using a functionally robust automated decision support system to resolve conflict situations in the management of the ship's motion of environmental monitoring of marine areas. Mashkov O., Teut V. In the article the questions of the automated management are examined by the ship of the ecological monitoring in case of occurring of conflict(non-permanent) situations. Authors suggest to take measure for system realization of public policy in regard to the ecological state Black and Азовского seas with the use of courts of the ecological monitoring. *Keywords:* environmental safety, boat environmental monitoring, industrial pollutants, petroleum products.

У Законах України «Про основні засади (стратегія) державної екологічної політики до 2020 року» та «Про затвердження Загальнодержавної

цільової програми розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну ріки Дніпро на період до 2021 року» визначено, що

система державного управління охороною вод потребує невідкладного реформування шляхом переходу до інтегрованого управління водними ресурсами. В цієї системі пропонується використовувати спеціальні судна екологічного моніторингу для визначання забруднення донних відкладень, техногенних забруднень від нафто та хімічних підприємств в разі порушень ними на регіональному, територіальному та об'єктовому рівнях екологічно-техногенної безпеки акваторій Чорного та Азовського морів.

Заходами з використанням спеціальних суден екологічного моніторингу передбачено:

- проведення систематичного комплексного морського екологічного обстеження з використанням спеціальних суден екологічного моніторингу та ліквідації наслідків забруднення;
- відновлення функціонування морського екологічного моніторингу (на регіональному, територіальному та об'єктовому рівнях) починати з дистанційного зондування Землі;
- створення комплексу морських екологічних карт з визначенням ступеня еколого-техногенної небезпеки акваторій Чорного та Азовського морів.

**Технологія інтеграції
функціонально-стійкої
автоматизованої системи
підтримки прийняття рішень
і системи диспетчерського
управління**

Зоною дії гідронавігаційної системи є морська поверхня, а об'єктами управління – судна екологічного моніторингу. Складові гідронавігаційної системи – автономні бортові, авто-

номні наземні і системи зв'язку та гідронавігації.

Функціонально-стійка автоматизована система підтримки прийняття рішень і система диспетчерського управління спеціальними суднами екологічного моніторингу повинна забезпечувати:

- необхідний рівень безпеки морських суден (гарантувати, як мінімум, збереження існуючого рівня безпеки); давати можливість рухатись за найбільш раціональним напрямом з мінімумом обмежень;
- функціональну можливість обміну даними між наземними (береговими) і морськими елементами.

Традиційні системи зв'язку, навігації та спостереження в регіонах з напруженим морським рухом мають чітко дотримуватись принципів функціональної стійкості, адже подальше розширення їх можливостей майже неможливо.

Різноманітні елементи системи управління повинні ефективно працювати разом і гарантувати ефективне обслуговування на шляху плавання від пристані до пристані.

Інтеграція функціонально-стійкої автоматизованої системи підтримки прийняття рішень і системи диспетчерського управління морським рухом забезпечує важливі переваги порівняно з існуючими традиційними технологіями:

- одержання на борту морського судна і трансляція в центр управління морським рухом інформації про його місцезнаходження і екологічний стан району спостереження;
- високий темп відновлення цієї інформації;
- гарантія одержання необхідної інформації незалежно від місцезна-

ходження морського судна або центру управління плаванням;

- надійність систем навігації і управління морським рухом, особливо при роботі в комплексі супутникових і традиційних систем;

- можливість скоротити час виявлення забруднень морських акваторій і час ліквідації наслідків техногенних аварій і катастроф;

- значне зменшення залежності плавання від метеорологічних умов, що має особливе значення на етапі ліквідації аварій і катастроф;

- підвищення безпеки морського руху в зв'язку з поліпшенням інформаційного забезпечення та ін.

При цьому необхідно забезпечити комплексний оперативний розгляд технічних, організаційних, регіональних, економічних, ергономічних та інших проблем. Ці питання мають суттєве значення і повинні вирішуватися в процесі переходу на сучасні супутникові технології зв'язку, навігації та спостереження в процесі управління морським рухом.

Вимоги до компонентів функціонально-стійкої автоматизованої системи підтримки прийняття рішень і системи диспетчерського обслуговування суден екологічного моніторингу

За результатами досліджень можна сформулювати вимоги до компонентів функціонально-стійкої автоматизованої системи підтримки прийняття рішень і системи диспетчерського управління морським рухом суден екологічного моніторингу:

1. Забезпечення навігації при виникненні нештатних (аварійних) ситуацій. При цьому супутникову наві-

гацію суден екологічного моніторингу в Україні необхідно впроваджувати від локальних диференціальних підсистем і регіональних станцій моніторингу до інтеграції у Європейську систему супутникового доповнення EGNOS. Внаслідок цього в Україні можна створити рівномірну мережу контрольно-коригувальних станцій і надавати диференціальні поправки на території України. Для впровадження супутникової навігації доцільно здійснити в Україні прив'язку об'єктів і точок морського простору до геодезичної системи WGS-84.

2. Забезпечення зв'язку при виникненні нештатних (аварійних) ситуацій передбачає ініціювання ліній передачі даних при входженні морського судна в зону обслуговування, по лінії капітан-диспетчер, надання моніторингової інформації, обмін даними між службами управління морським рухом, обробка екологічної інформації, голосове спілкування у надзвичайних і аварійних ситуаціях. Для підтримки супутникової навігації потрібна лінія передачі диференціальних поправок по каналу "земля-море".

3. Здійснення спостережень при виникненні нештатних (аварійних) ситуацій з берега так і з морського судна. Системи спостереження повинні забезпечувати термінове відновлення інформації про місцезнаходження судна екологічного моніторингу і надавати капітану можливість визначити траєкторії руху відповідно вимог оперативного моніторингу і ліквідації наслідків морського забруднення. Необхідна інформація щодо результатів спостереження має забезпечувати заданий рівень екологічної безпеки морського району та мінімум енергетичних витрат.

4. Забезпечення надійними засобами автоматизації при виникненні нештатних (аварійних) ситуацій.

Робота диспетчера морського руху судна екологічного моніторингу передбачає вирішення низки завдань, які вимагають високої майстерності і оперативного використання індивідуальних знань і здібностей – просторове сприйняття, узагальнення інформації, аналіз ситуації і прийняття обґрунтованих рішень. Диспетчер повинен знати місце знаходження всіх суден екологічного моніторингу і визначати виконавця і час ліквідації морського забруднення.

Диспетчер як оператор системи корегує вирішення цих завдань тільки за наявності потужних програмних засобів для автоматизації виконання робочих операцій. В умовах швидкого розвитку сучасних інформаційних технологій визнається безальтернативність ролі диспетчера. Наявність у диспетчера широкого набору інформаційних інструментів суттєво змінює функціональну роль диспетчера при виконанні процедур управління рухом суднами екологічного моніторингу і дозволяє певною мірою страхувати роботу диспетчера при автоматизації процесів прогнозу, виявлення і вирішення можливих екологічних конфліктів.

Керування морським рухом можна полегшити лише за умов впровадженню ліній передачі даних. Базова (берегова) система має бути здатна приймати, зберігати, обробляти, відображати екологічну інформацію з морського судна і активно взаємодіяти з суднами по лініях передачі даних. Це надає можливість керувати рухом морських суден за принципом «від пристані – до пристані».

Супутникові комунікації передбачені розвитком концепції, відповідно

до якої морське судно автоматично передаватиме інформацію про своє місцезнаходження з будь-якої точки морського району.

Застосування комп'ютерних технологій спрямоване на поліпшення точності визначення параметрів морського судна. Прогноз і виявлення конфліктів на основі комп'ютерних методів дозволяє корегувати маршрути суден екологічного моніторингу. Системи автоматизації будуть впроваджуватися еволюційним шляхом при виникненні в них потреби. При цьому автоматизація розглядається як один з багатьох ресурсів, які використовує людина-оператор і несе відповідальність за якість виконання роботи по виявленню та ліквідації екологічних аварій і катастроф.

Це вимагає надійного зв'язку між машиною і людиною як на березі, так і на кораблі для забезпечення ефективної взаємодії між капітаном, диспетчером і береговими засобами автоматизації.

Розвиток берегової системи управління має бути еволюційним, а проблеми переходу до нових технологій їх інтеграції повинні вирішуватися персоналом та розробниками такої системи. Проект майбутньої системи має забезпечувати керовану і рентабельну послідовність забезпечення екологічної безпеки.

Обладнання для екологічного контролю та моніторингу морських районів

На сьогодні для інструментального аналізу та пробопідготовки використовують флуориметр, атомну абсорбцію з зсмановською корекцією неселективного поглинання фону, капілярний електрофорез, ІК-спектроскопія з пере-

творенням Фур'є, СВЧ-мінералізацію проб.

Наявність широкого набору приладів у комплексі з сучасним методичним забезпеченням дозволяє надійно визначати наявність гранично допустимих концентрацій (ГДК) різноманітних екоотоксикантів у пробах води, повітря, морського берега, промвикидах і біопробах.

Універсальні люмінесцентні аналізатори серії «ФЛЮОРАТ-02» використовують для аналізу природної, питної та стічної води. Крім визначення вмісту у воді різноманітних домішок органічного та неорганічного походження (Al, As, B, Be, Cr, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, V, U, Zn, нітрити, сульфід, фториди, ціаніди, нафтопродукти, феноли, формальдегід, каламутність) аналізатори серії «ФЛЮОРАТ-02» застосовуються і для аналізу ґрунтів, донних відкладень, повітря і промвипадків на присутність в них різних токсикантів флюориметричними і фотометричними методами.

При аналізі води метод поділу компонентів рідкої фази в системах капілярного електрофорезу «КРАПЕЛЬ» має незаперечні переваги порівняно з методом іонної хроматографії (мінімальна пробопідготовка, мала витрата реактивів, просте апаратне оформлення, відсутність дорогих сорбентів, низька собівартість одного визначення). Це дозволяє проводити успішний аналіз проб води на вміст неорганічних аніонів (нітрит, нітрат, фосфат, гідрофосфат, сульфат, фторид, хлорид, бромід, йодид, ацетат) і катіонів (амоній, літій, натрій, калій, магній, кальцій, стронцій, барій), гербіцидів, рухомих форм катіонів та аніонів у ґрунті.

Інфрачервоні Фур'є-спектрометри «ІнфраЛЮМФТ-02/08» працюють у середній ІЧ-області спектра і завдяки надійній конструкції інтерферометра, легкості в експлуатації, наявності великої бібліотеки спектрів можуть впевнено реалізовувати традиційні і стандартизовані методи спектрального аналізу. Це дозволяє швидко і з високою точністю визначати вміст нафтопродуктів у воді та ґрунті, проводити ідентифікацію джерел забруднення водних об'єктів нафтопродуктами і виявляти озоноруйнуючі речовини.

Сучасний атомно-абсорбційний спектрометр «МРА-915М/МД» призначений для визначення вмісту важких металів та інших токсичних елементів (Al, As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Sr, V, Zn і ін.) в пробах води і у водних розчинах в автоматичному режимі. Для аналізу ґрунтів на вміст важких металів з них готують витяжки, а для аналізу повітря аерозолі збирають на аерозольні фільтри.

Використання при аналізі проб води ртутно-гідридної приставки «РГП-915» дозволяє знизити концентраційну межу виявлення летючих елементів (As, Hg, Sb, Se) в 50-200 разів.

За допомогою спектрометра «РА-915 +» з приставкою «ПІРО-915 +» можна проводити пряме, без пробопідготовки, визначення масового вмісту ртуті в нафті, нафтопродуктах, біопробах і продуктах харчування на рівні показників безпеки.

Для стічних вод ретельно підібрані умови проведення мінералізації, а для проб ґрунтів та донних відкладень – одержання кислотних витяжок. Це значно підвищує точність подальшого аналізу проби по методиках

«ЛЮМЕКС» (алюміній у воді, важкі метали в пробах ґрунтів і донних відкладень).

Аналіз функціональної стійкості системи управління суднами екологічного моніторингу в умовах дії дестабілізуючих факторів

Під ефективністю управління судном екологічного моніторингу розуміємо вплив системи управління на ліквідацію аварійних ситуацій. Найважливішим принципом оцінки ефективності управління є системний підхід. Для реалізації цього принципу необхідно визначити перелік критеріїв ефективності, які можна використовувати при розрахунках. Тобто показників, чисельне значення яких при плануванні або проведенні заходів дозволяє зробити висновки щодо заходів досягнення поставленої мети.

До критеріїв ефективності системи ліквідації аварійної екологічної ситуації можна відносити лише такі показники, які відображають суб'єктивне ставлення до управління людей, які переслідують певні цілі, тобто сприяють прийняттю правильних рішень.

Система управління морським рухом повинна забезпечувати стійкість і безперервність управління, які пов'язані між собою, оскільки безперервне управління може здійснюватися тільки при стійкій роботі системи управління. Тому функціональна стійкість системи є комплексним поняттям, яке поєднує в собі надійність, живучість і стійкість перед перешкодами (захищеність).

Критеріями надійності системи або її складових є середнє напрацювання на одну відмову елемента системи або системи в цілому, ймовір-

ність надійного їх функціонування, середня тривалість безвідмовної роботи, ймовірність відмови, працездатність, готовність та ін.

В якості критеріїв живучості системи використовуються характеристики її захищеності та вразливості, ймовірність виходу її з ладу, середня тривалість відновлення порушеного управління тощо. Існує перелік критеріїв завадостійкості і електромагнітної сумісності засобів і систем управління.

Головним критерієм оцінки функціональної стійкості системи може бути забезпечення якості їх функціонування не нижче допустимого рівня, а також можливість вирішення завдань екологічного моніторингу та ліквідації екологічних аварій і катастроф з необхідною оперативністю.

Нерідко розглянута система одночасно перебуває під впливом декількох дестабілізуючих факторів, які збільшують ризик виходу її зі стійкого режиму функціонування. При цьому все залежить від потужності дії цих факторів і рівня стійкості системи по кожному з основних показників ефективності.

Основними причинами порушення функціональної стійкості систем диспетчерського управління морським рухом вважаються відмова технічних і програмних елементів системи; вплив метеорологічних умов та надзвичайних ситуацій; перешкода природного і штучного характеру; вплив людського фактора та ін.

Ці причини можуть привести до наслідків, які стосуються як безпосередньої роботи системи управління морським рухом, так і користувачів цієї системи (підрозділи екологічної інспекції, ліквідації надзвичайних

ситуацій та ін.). Наслідки можуть мати політичний, соціальний, економічний, екологічний, функціональний та технічний характер.

Дестабілізуючі фактори можуть виникати з регулярною і випадковою періодичністю. Регулярне виникнення дестабілізуючих факторів найчастіше можна передбачити і компенсувати. Випадкову дію ускладнює рішення задач стійкості функціонування системи управління.

Реально існує три групи дестабілізуючих чинників залежно від потужності їх дії щодо встановлених порогів стійкості:

- чинники з незначною потужністю з параметром λ_{i_1} , $i \in n$, де n – загальна кількість факторів;

- чинники значної потужності, кожен з яких може вивести стійку систему з рівноваги, але з часом така система повертається у сталий режим. Інтенсивність таких чинників становить λ_{i_2} , $i \in n_2$;

- чинники значної потужності, кожен з яких може повністю вивести систему зі сталого режиму, їхня інтенсивність – λ_{i_3} , $i \in n_3$.

Якщо кожен з цих потоків пуассоновський, то можна визначити такі ймовірності:

- ймовірність порушень безперервності сталого функціонування системи:

$$P^{Пб}(t) = 1 - \exp \left[- \left(\sum_{i=1}^{n_2} \lambda_{i_2} + \sum_{i=1}^{n_3} \lambda_{i_3} \right) t \right]; \quad (1)$$

- ймовірність появи тимчасового порушення безперервності:

$$P^{Пбб}(t) = 1 - \exp \left[- \sum_{i=1}^{n_2} \lambda_{i_2} t \right]; \quad (2)$$

- ймовірність повного порушення безперервного функціонування системи:

$$P^{Пбб}(t) = 1 - \exp \left[- \sum_{i=1}^{n_3} \lambda_{i_3} t \right]; \quad (3)$$

- ймовірність безперервного постійного функціонування:

$$P^{бсф}(t) = 1 - P^{Пб}(t) = \exp \left[- \left(\sum_{i=1}^{n_2} \lambda_{i_2} + \sum_{i=1}^{n_3} \lambda_{i_3} \right) t \right]. \quad (4)$$

Стійкість системи відповідно до обраного критерія S^k є функцією впливу двох груп факторів: факторів позитивної дії $\bar{X} = \{x^i\}$, $i \in m$, та чинників негативної дії $\bar{Y} = \{y^j\}$, $j \in n$:

$$S^k = f(\bar{X}, \bar{Y}), \quad (5)$$

де $\bar{X} = \bar{X}^0 + \bar{X}$, $\bar{Y} = \bar{Y}^0 + \bar{Y}$, $\bar{X}^0$, $\bar{Y}^0$ – середні складові факторів впливу кожної з двох груп відповідно; $\bar{X}$, $\bar{Y}$ – поточні змінні складові факторів впливу кожної з двох груп відповідно.

$S^0 = f(\bar{X}^0, \bar{Y}^0)$ – встановлений рівень (порог) стійкості критерію S^k .

Тоді можна вважати, що фактичний рівень стійкості обраного критерію становить:

$$S_k = f(\bar{x}_0, \bar{y}_0) + \left[\sum_{i=1}^n \frac{df(\bar{X}, \bar{Y})}{dx_i} \right]_{(\bar{x}_0, \bar{y}_0)} \cdot x_i + \left[\sum_{j=1}^m \frac{df(\bar{X}, \bar{Y})}{dy_j} \right]_{(\bar{x}_0, \bar{y}_0)} \cdot y_j \quad (6)$$

Перевищення фактичного рівня стійкості встановленого порога критерію стійкості під час впливу факторів складе:

$$\begin{aligned} |\delta S_k| &= S_k - S_{k_0} = \left| f(\bar{X}, \bar{Y}) - f(\bar{X}_0, \bar{Y}_0) \right| = \\ &= \left[\sum_{i=1}^n \frac{df(\bar{X}, \bar{Y})}{dx_i} \right]_{(\bar{x}_0, \bar{y}_0)} \cdot x_i + \left[\sum_{j=1}^m \frac{df(\bar{X}, \bar{Y})}{dy_j} \right]_{(\bar{x}_0, \bar{y}_0)} \cdot y_j = \sum_{i=1}^n a_i x_i + \sum_{j=1}^m b_j y_j \quad (7) \end{aligned}$$

где S^0 – встановлений постійний рівень (поріг) критерію стійкості;

$$a_i = \frac{df(\bar{X}, \bar{Y})}{dx_i} > 0, \quad b_i = \frac{df(\bar{X}, \bar{Y})}{dy_i} < 0 \quad (8)$$

При $a_i > 0$ спостерігається позитивний вплив факторів на стійкість системи, при $b_i < 0$ – від’ємний, а при $a_i = 0, b_i = 0$ – інваріантний.

У реальних умовах на роботу системи, крім детермінованих факторів (наприклад, сезонних) можуть впливати випадкові (наприклад, поточні), що потребує обліку і випадкової змінної ψ , тоді:

$$\tilde{S} = \sum_{i=1}^n a_i x_i + \sum_{j=1}^m b_j y_j + \psi \quad (9)$$

Для спрощення спочатку будемо вважати, що кожен із факторів рівною мірою впливає на стійкість системи. Тоді під час показового закону розподілу часу появи кожного з факторів з параметром λ_i отримаємо такі значення ймовірностей:

- ймовірність впливу на роботу системи хоча б одного з n дестабілізуючих факторів на інтервалі часу $(0, t)$

$$P_d(t) = 1 - \exp\left(-t \sum_{i=1}^n \lambda_i\right); \quad (10)$$

- ймовірність відсутності дестабілізуючого впливу факторів

$$P_{nd}(t) = \exp\left(-t \sum_{i=1}^n \lambda_i\right); \quad (11)$$

- ймовірність перебування системи в стійкому стані за відсутності дестабілізуючих факторів:

$$P_{снд}(t) = \alpha \cdot \exp\left(-t \sum_{i=1}^n \lambda_i\right), \quad (12)$$

де α – ймовірність перебування системи в стійкому стані, коли на неї не впливають дестабілізуючі чинники;

- ймовірність перебування системи в нестійкому стані за відсутності дестабілізуючих факторів:

$$P_{нд}(t) = (1 - \alpha) \cdot \exp\left(-t \sum_{i=1}^n \lambda_i\right), \quad (13)$$

де $(1 - \alpha)$ – ймовірність перебування системи в нестійкому стані при відсутності дестабілізуючих факторів;

- ймовірність перебування системи в стійкому стані за наявності впливу хоча б одного з дестабілізуючих факторів:

$$P_{сд}(t) = \alpha^* \left[1 - \exp\left(-t \sum_{i=1}^n \lambda_i\right) \right], \quad (14)$$

де α^* – ймовірність сталої роботи системи за наявності впливу дестабілізуючих факторів;

- ймовірність перебування системи в нестійкому стані за наявності дестабілізуючих факторів:

$$P_{нд}(t) = (1 - \alpha^*) \cdot \left[1 - \exp\left(-t \sum_{i=1}^n \lambda_i\right) \right], \quad (15)$$

де $(1 - \alpha^*)$ – ймовірність нестійкої роботи системи під впливом хоча б одного з дестабілізуючих факторів;

- ймовірність безперервно стійкої роботи системи в разі впливу хоча б одного з дестабілізуючих факторів (передбачається, що вплив цих факторів не виводить систему зі стійкого стану):

$$P_{бсд}(t) = \alpha_1^* \cdot \left[1 - \exp\left(-t \sum_{i=1}^n \lambda_i\right) \right]; \quad (16)$$

- ймовірність дискретно стійкої роботи системи в разі впливу хоча б одного з дестабілізуючих факторів (передбачається, що вплив цих факторів виводить систему зі стійкого стану тільки на час їх дії, після чого система сама здатна повернутися в постійний режим функціонування):

$$P_{дсд}(t) = \alpha_2^* \cdot \left[1 - \exp\left(-t \sum_{i=1}^n \lambda_i\right) \right], \quad (17)$$

де $\alpha_1^* + \alpha_2^* = \alpha^*$.

У такому випадку ймовірність функціонально стійкої роботи системи визначається за формулою:

$$P_c(t) = \alpha \cdot \exp\left(-t \sum_{i=1}^n \lambda_i\right) + \alpha^* \cdot \left[1 - \exp\left(-t \sum_{i=1}^n \lambda_i\right)\right] = \\ = \alpha^* + (\alpha - \alpha^*) \exp\left(-t \sum_{i=1}^n \lambda_i\right) \quad (18)$$

Імовірність нестійкої роботи системи становить:

$$P_n(t) = (1 - \alpha) \cdot \exp\left(-t \sum_{i=1}^n \lambda_i\right) + (1 - \alpha^*) \cdot \\ \cdot \left[1 - \exp\left(-t \sum_{i=1}^n \lambda_i\right)\right] \quad (19)$$

При створенні систем управління морським рухом потрібно всебічно аналізувати всі можливі чинники дестабілізації, прогнозувати потужність і тривалість їх дії, можливість їх одночасної дії в різних режимах роботи системи. Закладаються пороги стійкості щодо впливу кожного з факторів при їх одночасному впливі. Ці пороги можуть розглядатися як мінімально допустима ефективність функціонування системи за обраними критеріями оцінки. Тобто, функціональна стійкість є необхідною внутрішньою властивістю системи. При цьому для ефективного управління процесом функціонування системи в умовах дії дестабілізуючих факторів необхідно мати якомога більше об'єктивної інформації про ці фактори, що не завжди вдається. Часто ці фактори мають випадковий характер як з точки зору часу їх появи і тривалості існування, так і з точки зору їх інших характеристик (наприклад, потужності дії, можливих наслідків післядії). Тому доводиться приймати управлінські рішення в умовах часткової або повної невизначеності, яка значно ускладнює прийняття ефективного рішення.

Функціонально стійка система здатна не виходити зі стійкого стану під впливом дестабілізуючих фак-

торів або сама здатна повернутися в стійкий стан при припиненні їх дії.

Дуже важливою властивістю системи є запас функціональної стійкості, яка дозволяє системі навіть в умовах дії дестабілізуючих факторів залишатися в стані стійкого функціонування. При цьому треба забезпечувати такий запас стійкості, щоб система не реагувала на дестабілізуючі впливи. Ця досить складна задача, але до цього слід прагнути.

По відношенню до системи дестабілізуючі фактори можуть бути внутрішніми і зовнішніми. Завідомо вказати, які з них найбільш небезпечні для системи, неможливо.

Дестабілізуючі чинники залежно від викликаних наслідків можуть призводити до різних результатів одностороннього та багатостороннього характеру. Залежно від тривалості дії вони можуть бути короткостроковими, тривалими і постійно діючими. Дестабілізуючі чинники спричиняють як незначні, так й руйнівні дії. Вплив цих факторів може бути безпосереднім або опосередкованим.

Дестабілізуючий вплив може виникати під час функціонування системи або протягом часу, коли система не використовується за призначенням.

Фактори, які впливають на процес функціонування системи, можуть бути позитивними і негативними, а залежно від наслідків їх дії вони можуть бути без післядії або з післядією після зняття впливу того чи іншого фактору.

Дестабілізуючі фактори можуть виникати з різних причин: терористичних, економічних, організаційних, технічних, метеорологічних та ін. Незалежно від цих причин їх вплив в часі можна проаналізувати за допо-

могою перехідних характеристик. Оскільки наслідки можуть мати теж різний характер, то перехідна характеристика може розглядатися щодо кожної з них. Тобто, один дестабілізуючий фактор може негативно вплинути на кілька показників (процесів) роботи системи. Перехідні характеристики можуть ілюструвати абсолютну або відносну залежність кожного з параметрів системи від часу впливу дестабілізуючого чинника. Абсолютна залежність характеризує потужність впливу на роботу системи, яка в ряді випадків при аналізі може бути необхідна.

Перехідний процес у системі може виникати і тривати не тільки протягом часу існування дестабілізуючого чинника. Кожна система має деяку інерційність у сприйнятті внутрішнього або зовнішнього імпульсу впливу. Дестабілізуючий фактор (або сума таких факторів у часі) можуть змінюватися не є обов'язково згідно із законом одиничної функції. Це може бути і послідовність таких імпульсів, і залежність більш складного характеру, заздалегідь передбачити яку буває складно. Зрозуміло, що і реакція системи на такі дії впливу теж може бути складною.

Якби була можливість заздалегідь передбачити час, тривалість і потужність небажаного фактора впливу, то в ряді випадків можна було б запобігти цей вплив і деякою мірою компенсувати його. Іноді на практиці це вдається зробити. Для цього необхідно систематично відслідковувати всі сторони процесу функціонування системи, яка являє собою динамічну систему, що функціонує в реальному масштабі часу.

Розробка принципів побудови і використання автоматизованої системи підтримки прийняття рішень при управлінні суднами екологічного моніторингу

Завдання забезпечення необхідного рівня функціональної стійкості системи управління морським рухом повинна вирішуватися на всіх етапах життєвого циклу від етапу її створення і до використання за призначенням.

Функціональна стійкість системи може визначатися щодо її здатності забезпечити необхідний рівень екологічного моніторингу та ліквідації екологічних катастроф, її економічних показників роботи та ін.

Екологічна безпека морського району залежить від декількох факторів, основними з яких є надійність бурових морських установок та морських транспортних суден, рівень кваліфікації та відповідальності обслуговуючого персоналу, стан метеорологічних умов, організації та управління суднами екологічного моніторингу, наявність і якість спеціального обладнання для ліквідації аварій і катастроф.

Екологічна безпека морського району в кожен момент часу залежить від перерахованих і деяких інших чинників. Збільшити її з плином часу не можна, хоча підвищення її завдяки реалізації ряду заходів не тільки можливо, але і є одним із головних завдань спеціальних суден екологічного моніторингу. Необхідний рівень екологічної безпеки морських районів забезпечується шляхом реалізації комплексу організаційних, технічних і економічних програм, що свідчить про взаємозв'язок критеріїв ефек-

тивності системи управління, що розглядається.

Аналіз екологічної безпеки морських районів в Україні визначив основні події і порушення порядку використання морського простору і обслуговування морських промислових підприємств: морські події; катастрофи; екологічні події (аварії); екологічні інциденти; порушення технологій при роботі техногенних об'єктів у морських районах; втрати орієнтування систем ліквідації екологічних аварій і радіозв'язку з суднами екологічного моніторингу; небезпечні інциденти морського судноплавства; метеорологічні умови впливу; порушення правил організації морського руху та використання морських районів.

Дестабілізуючими факторами можуть бути ускладнення метеорологічних умов, невинуватені дії по кадровому забезпеченню складу капітанів, диспетчерів та інженерно-технічного персоналу, порушення надійності засобів ліквідації екологічних аварій (внаслідок дії природних та техногенних факторів) та ін.

Слід передбачити заходи забезпечення функціональної стійкості системи ліквідації екологічних аварій (катастроф) в умовах прояву актів тероризму шляхом запобігання і найшвидшої ліквідації наслідків.

При створенні системи управління спеціальними суднами екологічного моніторингу повинні враховуватися всі особливості її подальшого використання. До цих особливостей відносяться: принцип дії системи; зона дії системи та інші функціонально-тактичні характеристики; умови завантаженості системи; характеристика морського району, схеми розташування бурових установок, маршрутів

руху морських транспортних суден; технічні характеристики системи керування та ліквідації екологічних аварій; ергономічні характеристики диспетчерського складу та ін.

Відповідно до цього існують технічні та інші заходи щодо забезпечення необхідної стійкості функціонування системи:

- використання принципів резервування (структурного, інформаційного, функціонального, алгоритмічного, тимчасового та ін.);
- проектування комп'ютерної техніки і програмного забезпечення систем збору, обробки, відображення, збереження інформації про стан морського району;
- використання систем гарантованого енергозабезпечення;
- забезпечення захищеності систем щодо несанкціонованого доступу;
- забезпечення завадостійкості систем щодо природних, про-промислових, штучних перешкод, електромагнітної сумісності роботи обладнання та ін.

Тобто, дуже важливо визначити моменти дії дестабілізуючого чинника для прийняття компенсуючих заходів.

Висновки

Питання забезпечення функціональної стійкості систем керування спеціальними суднами екологічного моніторингу сьогодні є першочерговими щодо забезпечення екологічної безпеки морських районів. Підвищити функціональну стійкість систем керування спеціальними суднами екологічного моніторингу можна шляхом: удосконалення технічної основи засобів ліквідації екологічних аварій; підвищення завадостійкості радіотехнічних

засобів системи управління і проведення робіт щодо забезпечення їх електромагнітної сумісності; зміна поглядів на супутникові технології як на єдиний засіб навігації і продовження незалежного розвитку існуючих сис-

тем зв'язку, навігації та спостереження; інтеграція існуючих і перспективних засобів навігації на борту морського судна для забезпечення їх живучості та надійності функціонування і підвищення безпеки морського руху.

Література

1. Білявський Г. О. Основи екології / Г. О. Білявський, Р. С. Фурдуй, І. Ю. Костіков. – К.: Либідь, 2005. – 408 с.
2. Бондар О.І. Моніторинг навколишнього середовища / [О. І. Бондар, І. В. Корінько, В. М. Ткач, О. І. Федоренко]; за ред. О. І. Федоренко. – К.-Х.: ДІІ-ГТІ, 2005. – 126 с.
3. Костюченко Ю.В., Копачевський І.М., Соловійов Д.М., Ющенко М.В., Акименко П.О. Використання даних супутникових спостережень для оцінки регіональних гідролого-гідрогеологічних ризиків // Космічна наука і технологія. – 2011. Т.17. № 6. – С. 19-29.
4. Кохан С.С. Дистанційне зондування Землі: теоретичні основи / С.С. Кохан, А.Б. Востоков. – К.: Вища школа, 2009. – 511 с.
5. Машков О.А. Метод комплексной оценки экологической безопасности техногенных объектов / О.А. Машков, Р.К.Н. Аль-Тамими, Д.Д.Х. Лами // V-й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Екологія/ Ecology-2015) (23-26 вересня 2015 р.). – Вінниця: ВНТУ, ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015. – С. 58.
6. Машков О.А., Васильев В.Э., Фролов В.Ф. Методы и технические средства экологического мониторинга / Научно-практический журнал «Екологічні науки», № 1/2014(5), К., ДЕА, 2014. – С. 57-67.
7. Шапарь А. Г. Аналитическая составляющая (база знаний) системы экологического мониторинга / А. Г. Шапарь, Н. А. Емец, А. Н. Бугор // Екологія і природокористування : зб. наук. праць ІППЕ НАН України. – 2013. – Вип. 17. – С. 181-187.
8. Методика обчислення розміру збитків від забруднення нафтою, затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 26 квітня 2003 р. № 631.
9. Нефтяные загрязнения восточной части Черного моря: космический мониторинг и подспутниковая верификация / К.Ц. Литовченко, О.Ю. Лаврова, М.И. Митягина и др. // Исследование Земли из космоса. 2007. No1. – С. 81-94.
10. Fingas M.F. Review of oil spill remote sensing / M.F. Fingas, C.E. Brown // Proc. of the 5th Internat. Conf. on Remote Sensing for Marine and Coastal Environments. Environmental Research Institute of Michigan, Ann Arbor, Michigan, 2000. – P. 211-218.
11. http://eco.com.ua/sites/eco.com.ua/files/lib1/konf/2vze/zb_m/0029_zb_m_2VZE.pdf
12. <http://kursak.net/lekciya-2-monitoring-chs/http://www.ecoline.kiev.ua/articles/lidar/lidmua.html>