

Калініченко Є.В., Бойко А.Д., Постников Є.Є

## МЕТОД ОЦІНКИ УЗАГАЛЬНЕНОГО РИЗИКУ ВИНИКНЕННЯ АВАРІЙНИХ МОРСЬКИХ ПОДІЙ У СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕКОЮ СУДНОПЛАВСТВА

В статті розглянуто метод оцінки узагальненого ризику виникнення аварійних морських подій у системі управління безпекою судноплавства, який враховує найскладніші класи аварійних морських подій (дуже серйозні аварії, серйозні аварії), типи чинників, що впливають на безпеку судноплавства. У методі визначаються прийнятні та неприйнятні ризики для кожної аварійної морської події з використанням криволінійної траєкторії прийнятного ризику. За допомогою такої траєкторії можливо підвищити точність оцінки узагальненого ризику виникнення аварійних морських подій з використанням морського та річкового транспорту. При цьому обґрунтована гіпотеза про розподіл аварійних морських подій за законом Пуассона на статистичних даних щодо дуже серйозних морських аварій, серйозних аварій, морських інцидентів та інцидентів для морського та річкового транспорту за період з 2006 по 2021 роки. Аналіз показав, що для водного транспорту для дуже серйозних та серйозних аварій немає підстави відкинути нульову гіпотезу про розподіл генеральної сукупності за законом Пуассона. Виконано формальне представлення ризику виникнення аварійних морських подій з урахуванням чинників, що впливають на безпеку судноплавства, та очікуваного середнього збитку. Ризики, що використовуються в роботі, для кожного водного транспорту (морського, річкового) розглядаються як за класами аварійних морських подій (дуже серйозні аварії, серйозні аварії), так і за типами чинників, що впливають на безпеку самого судна, людини, навколишнього середовища і вантажу.

**Ключові слова:** метод, ризик, аварійна морська подія, морський та річковий транспорт, ризик, збиток, ймовірність, чинник, система управління безпекою судноплавства.

**Постановка проблеми.** На теперішній час проблема управління ризиками та їхня оцінка у різних галузях, зокрема, у системі управління безпекою судноплавства (СУБС), є надзвичайно актуальною. Аналіз стану аварійності морського та річкового флоту України свідчить про те, що для зменшення потенційного збитку від аварійних морських подій (АМП) необхідне врахування та реалізація різноманітних заходів щодо запобігання або зниження ризиків виникнення цих подій у системі управління безпекою судноплавства [1-11]. При цьому одним з найважливіших етапів управління ризиком аварійних морських подій у ході діяльності, пов'язаної із судноплавством, є етап оцінки відповідного ризику.

На безпеку експлуатації водного транспорту діють багато негативних факторів, вплив яких може мати різні негативні наслідки. Досягти абсолютної безпеки неможливо, при цьому витрати на безпеку судноплавства прагнуть нескінченності. У той же час дефіцит вкладень у безпеку судноплавства може призвести до катастрофи. У зв'язку з цим необхідно розробити механізм визначення першочергових ризиків та найбільш ефективних заходів щодо зниження їхнього рівня таким чином, щоб забезпечувався збалансований розподіл вкладень на безпеку судноплавства та забезпечення можливостей судновласників.

Відповідно до чинних вимог міжнародних та вітчизняних організацій судновласники повинні безперервно підвищувати рівень безпеки судноплавства у межах кордонів фінансового управління та безпеки плавання. З урахуванням цієї умови є необхідність розрахунку конкретного рівня підвищення безпеки судноплавства, який буде оптимальним з точки зору економіки та безпеки плавання. Аналіз публікацій щодо досліджень процесів оцінки ризиків у системі управління безпекою судноплавства оцінки ризиків у заданій

предметній галузі дозволяє зробити висновок про те, що у рамках цих досліджень не враховуються результати оцінки узагальненого ризику виникнення АМП у системі управління безпекою судноплавства [12-16].

Таким чином, існує невідповідність між обмеженими можливостями існуючих підходів з оцінки ризиками у системі управління безпекою судноплавства, з одного боку, та потребами і вимогами практики щодо зниження ризиків АМП, з іншого.

Це визначає необхідність вирішення актуального завдання щодо визначення та удосконалення підходів до оцінки узагальненого ризику виникнення АМП в системі управління безпекою судноплавства (СУБС).

**Мета статті.** Удосконалення методу оцінки узагальненого ризику виникнення АМП в СУБС.

З метою удосконалення методу оцінки узагальненого ризику виникнення АМП в СУБС обґрунтуємо гіпотезу про розподіл АМП за законом Пуассона.

Через рідкісність і незалежність АМП можливо стверджувати про розподіл АМП за законом Пуассона [17]. Для підтвердження гіпотези про розподіл АМП за законом Пуассона розглянемо статистику подій на МРТ, що підлягають статистичному обліку, щодо стану аварійності та безпеки судноплавства на водному транспорті в Україні за 2006-2021 рр. [1-11] (рис. 1 та рис. 2). Підтвердження гіпотези про розподіл АМП виконано для морського та річкового транспорту за чотирма класами подій окремо:

$$C = \{c_1, c_2, c_3, c_4\}, \tag{1}$$

- де  $c_1$  – дуже серйозні аварії;
- $c_2$  – серйозні аварії;
- $c_3$  – морські (серйозні) інциденти;
- $c_4$  – інциденти.

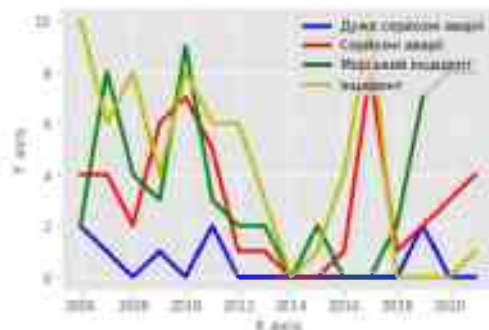


Рисунок 1 – Аварійність на морському транспорті України у 2006-2021 рр.

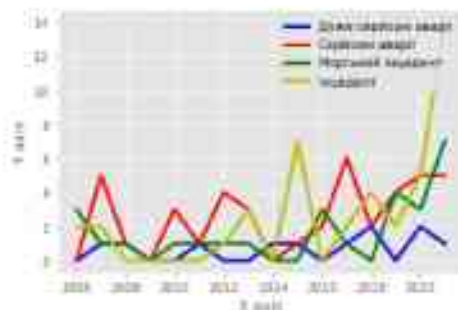


Рисунок 2 – Аварійність на річковому транспорті України у 2006- 2021 рр.

Підтвердження гіпотези про розподіл АМП за законом Пуассона для морського та річкового транспорту для всіх класів АМП показало, що для розподілів дуже серйозних та серйозних аварій немає підстави відкинути нульову гіпотезу про розподіл генеральної сукупності за законом Пуассона. Тому в подальшому в роботі розглядаються саме дуже серйозні та серйозні аварії для морського та річкового транспорту.

Структурно метод оцінки узагальненого ризику виникнення АМП у СУБС містить послідовне виконання основних процедур, представлених на рис. 3.

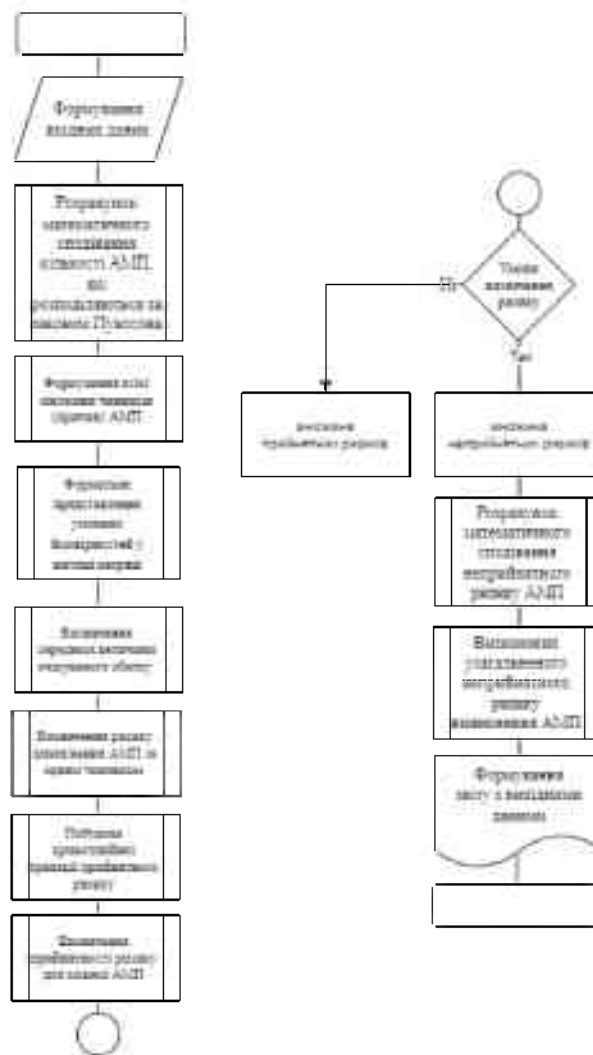


Рисунок 3 – Структура методу оцінки узагальненого ризику виникнення АМП у СУБС

Розглянемо зміст відповідних етапів більш детально.

1. Процедура формування вхідних даних. Вхідними даними для методу є: тип морського або річкового судна, час функціонування водного транспорту, інтенсивності потоків АМП.

2. Процедура розрахунку математичного сподівання кількості АМП, які розподіляються за законом Пуассона, відповідно до виразу (1). У зв'язку з цим, для конкретного (обраного) водного транспорту (морського чи річкового) емпіричний коефіцієнт Пуассона  $a$ , що залежить від інтервалу часу та кількості небезпечних випадкових подій, визначатимемо таким виразом:

$$a(EME) = \lambda_{EME} T_f, \quad (2)$$

де  $\lambda_{\text{ЕМЕ}}$  – інтенсивність потоку однорідних АМП ( $\text{рік}^{-1}$  або  $\text{місяць}^{-1}$ );

$T_f$  – час функціонування водного транспорту (рік або місяць) при безпосередньому виконанні переходу (одного рейсу).

Потік АМП оцінюється параметром потоку. Для оцінки однорідних подій у роботі використовується інтенсивність потоку подій – кількість АМП, що припадають на одиницю часу і мають розмірність ( $\text{рік}^{-1}$  або  $\text{місяць}^{-1}$ ). Розрахунок величини інтенсивності потоку  $\lambda_{\text{ЕМЕ}}$  здійснюється експериментально або за узагальненим виразом

$$\lambda_{\text{ЕМЕ}} = \frac{N}{T_0}, \quad (3)$$

де  $N$  – кількість АМП, що відбулися за час спостереження;

$T_0$  – час спостереження аварійних морських подій.

3. Процедура формування всієї множини чинників (причин) АМП відповідно до виразу (4) із початковою деталізацією чинників на першому рівні.

Будь-яка АМП може бути наслідком кількох чинників (причин). Кожен чинник має свою частку у виникненні події. У кожній АМП мають місце відповідні чинники, що являють собою повну групу подій. Представимо всю множину чинників (причин) АМП у вигляді таких чотирьох множин (із деталізацією на першому рівні):

$$\begin{cases} \{F_1^1, \dots, F_5^1\}, \\ \{F_1^2, \dots, F_4^2\}, \\ \{F_1^3, \dots, F_5^3\}, \\ \{F_1^4, \dots, F_4^4\}, \end{cases} \quad (4)$$

де  $\{F_1^1, \dots, F_5^1\}$  – множина підгруп чинників, що впливають на безпеку самого судна;

$\{F_1^2, \dots, F_4^2\}$  – множина підгруп чинників, що впливають на безпеку людини;

$\{F_1^3, \dots, F_5^3\}$  – множина підгруп чинників, що впливають на безпеку навколишнього середовища;

$\{F_1^4, \dots, F_4^4\}$  – множина підгруп чинників, що впливають на безпеку вантажу.

При цьому множину чинників, що впливають на безпеку самого судна, можна умовно розбити на п'ять груп з відповідним їх розподілом першого рівня:

– незадовільні властивості судна: плавучість, стійкість, непотоплюваність, керованість, мореплавність, міцність, живучість;

– несприятливі зовнішні умови: вітер, хвилювання, течія, погана видимість (туман, темний час доби), температура повітря, айсберги, підводні перешкоди (риффи, скелі, мілини), інтенсивність судноплавства, стислість у районі плавання тощо;

– відмови суднових технічних засобів та обладнання (пожежі, затоплення, випромінювання, відмови);

– вплив вантажів, функціональних систем та пристроїв цільового призначення (промислове обладнання, системи пошуку та видобутку корисних копалин із дна моря та ін.);

– людські помилки (помилки у діях екіпажу, пасажирів, персоналу чи бездіяльність осіб, які забезпечують безпеку судна).

4. Процедура формального представлення умовних ймовірностей того, що дана АМП сталася через визначені чинники, для кожного класу АМП у вигляді матриці відповідно до виразів (5) - (8).

Умовні ймовірності формально задамо для кожного типу водного транспорту (морського чи річкового) окремо, де класи АМП, це дуже серйозної або серйозної аварії ( $j = 1, 2$ ) у

вигляді матриці, рядки якої являють собою АМП ( $j = 1,2$ ), а стовпці – чинники АМП (матриця (4) з чинниками, що впливають на безпеку самого судна, матриця (5) з чинниками, що впливають на безпеку людини, матриця (6) з чинниками, що впливають на безпеку навколишнього середовища, матриця (7) з чинниками, що впливають на безпеку вантажу). На перетині рядків і стовпців знаходяться значення відповідних умовних ймовірностей:

$$\begin{bmatrix} P(F_1^1|EME_1^1) & \dots & P(F_5^1|EME_1^1) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ P(F_1^1|EME_j^1) & \dots & P(F_5^1|EME_j^1) \end{bmatrix}, \quad (5)$$

$$\begin{bmatrix} P(F_1^2|EME_1^2) & \dots & P(F_4^2|EME_1^2) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ P(F_1^2|EME_j^2) & \dots & P(F_4^2|EME_j^2) \end{bmatrix}, \quad (6)$$

$$\begin{bmatrix} P(F_1^3|EME_1^3) & \dots & P(F_5^3|EME_1^3) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ P(F_1^3|EME_j^3) & \dots & P(F_5^3|EME_j^3) \end{bmatrix}, \quad (7)$$

$$\begin{bmatrix} P(F_1^4|EME_1^4) & \dots & P(F_4^4|EME_1^4) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ P(F_1^4|EME_j^4) & \dots & P(F_4^4|EME_j^4) \end{bmatrix}. \quad (8)$$

5. Процедура визначення величини очікуваного збитку за статистичними даними для кожного чинника та формальне представлення розрахованих величин у вигляді матриці відповідно до виразів (9) - (13).

Кожна АМП призводить до певного збитку. Тому, за статистичними даними для кожного чинника визначається величина очікуваного збитку за результатами аналізу статистичних даних. Відповідні результати зводяться в матриці для кожного типу водного транспорту (морського чи річкового) окремо, де класи АМП, це дуже серйозної або серйозної аварії ( $j = 1,2$ ), стовпчики яких являють собою АМП ( $j = 1,2$ ), рядки – чинники АМП (матриця (9) з чинниками, що впливають на безпеку самого судна, матриця (10) з чинниками, що впливають на безпеку людини, матриця (11) з чинниками, що впливають на безпеку навколишнього середовища, матриця (12) з чинниками, що впливають на безпеку вантажу), а на перетині рядків і стовпчиків знаходяться значення очікуваного збитку:

$$\begin{bmatrix} Y(F_1^1|EME_1^1) & \dots & Y(F_5^1|EME_1^1) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ Y(F_1^1|EME_j^1) & \dots & Y(F_5^1|EME_j^1) \end{bmatrix}. \quad (9)$$

$$\begin{bmatrix} Y(F_1^2|EME_1^2) & \dots & Y(F_4^2|EME_1^2) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ Y(F_1^2|EME_j^2) & \dots & Y(F_4^2|EME_j^2) \end{bmatrix}. \quad (10)$$

$$\begin{bmatrix} Y(F_1^3 | EME_1^2) & \dots & Y(F_5^3 | EME_1^2) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ Y(F_1^3 | EME_j^2) & \dots & Y(F_5^3 | EME_j^2) \end{bmatrix} \quad (11)$$

$$\begin{bmatrix} Y(F_1^4 | EME_1^3) & \dots & Y(F_4^4 | EME_1^3) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ Y(F_1^4 | EME_j^3) & \dots & Y(F_4^4 | EME_j^3) \end{bmatrix} \quad (12)$$

Безпосередньо збиток заданому морському або річковому транспорту від АМП, з урахуванням коефіцієнта Пуассона  $a$  (див. вираз (2)), визначатимемо так:

$$Y_j = a(EME_j^t) \sum_{i=1}^l Y(F_i^n | EME_j^t) = \lambda_j T_f \sum_{i=1}^l Y(F_i^n | EME_j^t). \quad (13)$$

6. Процедура визначення ризику виникнення аварійної морської події за одним чинником як математичного сподівання величини збитку від небажаної події відповідно до виразу (14).

Аналіз ризику є важливим елементом системного підходу до прийняття рішень і практичних заходів при вирішенні завдань запобігання або зменшення небезпеки судноплавства, шкоди судну, екіпажу, вантажу і навколишньому середовищу.

Оцінка ризику – це аналіз походження (виникнення) і масштабів ризику в конкретній ситуації. У цій роботі оцінку ризику будемо розглядати у рамках класичного підходу, прийнятому в теорії ризику, як добуток імовірності виникнення конкретної небезпечної події та величини збитку від її наслідків [16]. Отже, ризик виникнення АМП  $EME_j$  за одним чинником можна представити як математичне сподівання величини збитку від небажаної події:

$$\begin{aligned} R_j(F_i^n | EME_j^t) &= Y_j P(F_i^n | EME_j^t) = a(EME_j^t) \sum_{i=1}^l Y(F_i^n | EME_j^t) P(F_i^n | EME_j^t) = \\ &= \lambda_j T_f \sum_{i=1}^l Y(F_i^n | EME_j^t) P(F_i^n | EME_j^t). \end{aligned} \quad (14)$$

7. Процедура побудови криволінійної трапеції прийнятного ризику.

Надалі розглядаються прийнятний та неприйнятний ризику. Під прийнятним під час оцінювання розуміється такий ризик, з яким посадова особа в умовах заданої предметної області, згодна. Для визначення рівня прийнятного або неприйнятного ризику запропоновано ввести на розгляд невід'ємну безперервну функцію, яка відображає залежність можливості виникнення збитків від його величини. Графік запропонованої функції на певному відрізку  $[Y_{\min}, Y_{\max}]$  (де  $Y_{\min}$  – незначний збиток, яким можна знехтувати;  $Y_{\max}$  – максимально допустимий збиток) є верхньою межею криволінійної трапеції прийнятного ризику (рис. 4). Функція будується на основі думок кількох експертів. Для згладжування можливих похибок пропонується використовувати апроксимуючу функцію. Ця функція формується на основі апроксимації методом найменших квадратів.

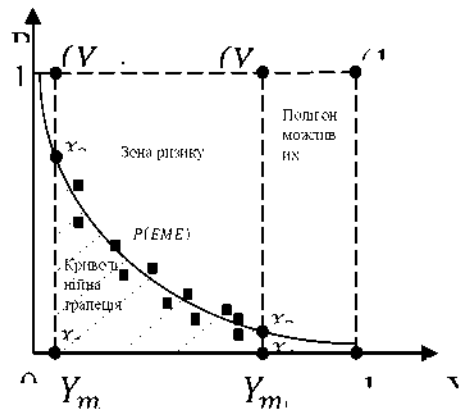


Рисунок 4 – Графік криволінійної трапеції прийнятності ризику

8. Процедура визначення прийнятності ризику для кожної АМП. Для визначення прийнятності ризику для кожної АМП необхідно отриману оцінку ризику, відповідно виразу (15), перевірити на приналежність до криволінійної трапеції прийнятності ризику (рис. 5). Безпосередньо оцінку ризику виникнення АМП  $EME_j$  можна представити у вигляді пари значень на основі принципу узагальнення:

$$R_j(F_j^p | EME_j^t) = (Y_j, P(F_j^p | EME_j^t)) \quad (15)$$

Ідентифікації моделі в роботі здійснюється у вигляді виразу:

$$P(F|EME) = f(\alpha, Y), \quad (16)$$

де  $P(F|EME)$  – оцінка можливості реалізації АМП;

$\alpha$  – вектор коефіцієнтів функції;

$Y$  – нормована оцінка збитків при реалізації АМП.

З використанням безперервної функції відповідно до виразу (16) формується система співвідношень:

$$\begin{cases} P(EME_j) \leq f(\alpha, Y_j - Y_{\min}), \\ Y_{\min} \leq Y_j \leq Y_{\max}. \end{cases} \quad (17)$$

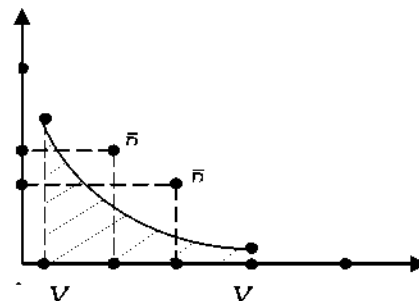


Рисунок 5 – Приклад результату оцінки ризику у графічному вигляді

Якщо значення  $R_j(F_j^n | EME_j^t)$  задовольняють системі (17), то ризик вважається прийнятним, стає частиною множини прийнятних ризиків  $\{R_j(F_j^n | EME_j^t)\}$  і обробки не потребує. Інакше – ризик є неприйнятним, стає частиною множини неприйнятних ризиків  $\{\bar{R}_j(F_j^n | EME_j^t)\}$ , які необхідно обробляти. При цьому  $\bar{R}_j(F_j^n)$  може належати лише однієї з множин ( $\{R_j(F_j^n | EME_j^t)\} \cap \{\bar{R}_j(F_j^n | EME_j^t)\} = \emptyset$ ).

9. Процедура розрахунку математичного сподівання неприйнятного ризику АМП з множини  $\{\bar{R}_j(F_j^n | EME_j^t)\}$  за всіма чинниками й очікуваним середнім збитком відповідно до виразу (18):

$$R_j^t = \sum_{i=1}^5 \lambda_j T_f Y(F_i^1 | EME_j^t) P(F_i^1 | EME_j^t) + \sum_{i=1}^4 \lambda_j T_f Y(F_i^2 | EME_j^t) P(F_i^2 | EME_j^t) + \sum_{i=1}^5 \lambda_j T_f Y(F_i^3 | EME_j^t) P(F_i^3 | EME_j^t) + \sum_{i=1}^4 \lambda_j T_f Y(F_i^4 | EME_j^t) P(F_i^4 | EME_j^t) = \lambda_j T_f (\sum_{i=1}^5 Y(F_i^1 | EME_j^t) P(F_i^1 | EME_j^t) + \sum_{i=1}^4 Y(F_i^2 | EME_j^t) P(F_i^2 | EME_j^t) + \sum_{i=1}^5 Y(F_i^3 | EME_j^t) P(F_i^3 | EME_j^t) + \sum_{i=1}^4 Y(F_i^4 | EME_j^t) P(F_i^4 | EME_j^t)). \quad (18)$$

10. Процедура визначення узагальненого неприйнятного ризику виникнення АМП (які є по відношенню одна до одної вже різнорідними) відповідно до виразу (19):

$$R_q = \sum_{t=1}^{|C|} \sum_{j=1}^J R_j^t = \sum_{t=1}^{|C|} \left( \sum_{j=1}^J \lambda_j \left( T_f (\sum_{i=1}^5 Y(F_i^1 | EME_j^t) P(F_i^1 | EME_j^t) + \sum_{s=1}^5 Y(F_i^2 | EME_j^t) P(F_i^2 | EME_j^t) + \sum_{k=1}^5 Y(F_i^3 | EME_j^t) P(F_i^3 | EME_j^t) + \sum_{l=1}^4 Y(F_i^4 | EME_j^t) P(F_i^4 | EME_j^t)) \right) \right), q = \overline{1, Q}. \quad (19)$$

11. Процедура формування звіту з вихідними даними, в якому містяться результати виконання восьмого, дев'ятого і десятого етапів методу і які є основою для прийняття рішення щодо необхідності управління неприйнятними ризиками для визначення витрат на запобігання аварійних морських подій і зниження можливих збитків від них у СУБС.

Отже, використовувані у роботі як прийнятні, так і неприйнятні ризики виникнення АМП для кожного водного транспорту розглядаються як за класами АМП (дуже серйозні аварії, серйозні аварії, морські інциденти та інциденти), так і за типами чинників, що впливають на безпеку самого судна, людини, довкілля і вантажу.

**Висновки.** Таким чином, в статті обґрунтована гіпотеза про розподіл аварійних морських подій за законом Пуассона на статистичних даних щодо дуже серйозних морських аварій, серйозних аварій, морських інцидентів та інцидентів для морського та річкового транспорту за період з 2006 по 2021 роки. Аналіз показав, що для водного транспорту для дуже серйозних та серйозних аварій немає підстави відкинути нульову гіпотезу про розподіл генеральної сукупності за законом Пуассона. За результатами аналізу виконано формальне представлення ризику виникнення аварійних морських подій з урахуванням чинників, що впливають на безпеку судноплавства, та очікуваного середнього збитку. Ризики, що використовуються в роботі, для кожного водного транспорту (морського, річкового) розглядаються як за класами аварійних морських подій (дуже серйозні аварії, серйозні аварії), так і за типами чинників, що впливають на безпеку самого судна, людини, навколишнього середовища і вантажу.

В результаті в статті розглянуто побудову та зміст методу оцінки узагальненого ризику виникнення аварійних морських подій у системі управління безпекою судноплавства, в якому, на відміну від відомих, враховуються найскладніші класи аварійних морських подій (дуже серйозні аварії, серйозні аварії), типи чинників, що впливають на безпеку судноплавства, та визначаються прийнятні та неприйнятні ризики для кожної аварійної



морської події з використанням криволінійної трапеції прийняттого ризику, що дозволяє підвищити точність оцінки узагальненого ризику виникнення аварійних морських подій з використанням морського та річкового транспорту.

### Літератури

1. Аналіз стану безпеки руху, польотів, судноплавства в Україні за 2012 рік. Офіційний сайт Міністерства інфраструктури України. URL: [https://mtu.gov.ua/files/Avar\\_analiz\\_2012.Pdf](https://mtu.gov.ua/files/Avar_analiz_2012.Pdf) (дата звернення: 01.12.2022)
2. Аналіз стану безпеки руху, польотів, судноплавства в Україні за 2013 рік. Офіційний сайт Міністерства інфраструктури України. URL: [https://mtu.gov.ua/files/Avar\\_analiz\\_2013.Pdf](https://mtu.gov.ua/files/Avar_analiz_2013.Pdf) (дата звернення: 01.12.2022).
3. Аналіз стану безпеки руху, польотів, судноплавства в Україні за 2014 рік. Офіційний сайт Міністерства інфраструктури України. URL: <https://mtu.gov.ua/files/Аналіз за 2014.pdf> (дата звернення: 01.12.2022).
4. Аналіз стану безпеки руху, польотів, судноплавства в Україні за 2015 рік. Офіційний сайт Міністерства інфраструктури України. URL: <https://mtu.gov.ua/files/Аналіз - 2015.pdf> (дата звернення: 01.12.2022).
5. Аналіз стану безпеки руху, судноплавства та аварійності на транспорті в Україні за 2016 рік. Укртрансбезпека / Аналіз аварійності. URL: [http://dsbt.gov.ua/sites/default/files/imce/Bezpeka\\_DTP/analiz\\_2017/analiz\\_avariynosti\\_2016.pdf](http://dsbt.gov.ua/sites/default/files/imce/Bezpeka_DTP/analiz_2017/analiz_avariynosti_2016.pdf) (дата звернення 01.12.2022).
6. Аналіз стану безпеки руху, судноплавства та аварійності на транспорті в Україні за 2017 рік. Укртрансбезпека / Аналіз аварійності. URL: [http://dsbt.gov.ua/sites/default/files/imce/Bezpeka\\_DTP/2018/analiz\\_avariynosti\\_2017\\_compressed.pdf](http://dsbt.gov.ua/sites/default/files/imce/Bezpeka_DTP/2018/analiz_avariynosti_2017_compressed.pdf) (дата звернення 01.12.2022).
7. Аварії та інциденти на морському та річковому транспорті за 2018 рік. Офіційний сайт Укртрансбезпеки / Аналіз аварійності. URL: <http://dsbt.gov.ua/storinka/avariyi-ta-incydynty-na-morskomu-ta-richkovomutransporti-za-2018-rik> (дата звернення: 01.12.2022).
8. Стан аварійності та безпеки судноплавства на водному транспорті в Україні (у тому числі і за її межами, але із українськими суднами), включаючи маломірні (малі) судна за 1 півріччя 2019 року з наростаючим підсумком. Офіційний сайт Морської адміністрації України. URL: <https://marad.gov.ua/storage/app/sites/1/public-information/analiz-4-avariynosti-za-2-kv-2019.docx> (дата звернення: 01.12.2022).
9. Стан аварійності та безпеки судноплавства на водному транспорті в Україні (у тому числі і за її межами, але із українськими суднами), включаючи маломірні (малі) судна за 2019 рік з наростаючим підсумком. Офіційний сайт Морської адміністрації України. URL: <https://marad.gov.ua/storage/app/sites/1/public-information/analiz-avariynostiza-2019.pdf> (дата звернення: 01.12.2022).
10. Стан безпеки судноплавства та аварійності на водному транспорті в Україні (у тому числі і за її межами, але із українськими суднами), включаючи маломірні (малі) судна за 2020 рік з наростаючим підсумком. Офіційний сайт Морської адміністрації України. URL: [https://marad.gov.ua/storage/app/sites/1/uploaded-files/16012021/Zvit\\_2020.pdf](https://marad.gov.ua/storage/app/sites/1/uploaded-files/16012021/Zvit_2020.pdf) (дата звернення: 01.12.2022).
11. Стан безпеки судноплавства та аварійності на водному транспорті в Україні (у тому числі і за її межами, але із українськими суднами), включаючи маломірні (малі) судна за перше півріччя 2021 року з наростаючим підсумком. Офіційний сайт Морської адміністрації України. URL: <https://data.gov.ua/dataset/cf069d00-9793-4974-9367->

d39796282a59/resource/f9fa8a7c-74eb-4e62-ae62-7bcef5a02e/download/zvit\_lpvrich\_2021.pdf. (дата звернення: 01.12.2022).

12. Топалов В. П. Риски в судоходстве / В. П. Топалов, В. Г. Торский. — Одесса: Астропринт, 2007. — 368 с.
13. Kristiansen S. Maritime Transportation: Safety Management and Risk Analysis / S. Kristiansen. — Elsevier, 2010. — 508 p.
14. Guema M. Combination of processing methods for various simulation data sets / M. Guema // TransNav. — 2008. — № 2(1). — P. 11–15.
15. Kobyliński L. Risk analysis and human factor in prevention of CRG casualties / L. Kobyliński // TransNav. — 2009. — № 3 (4). — P. 443–448.
16. Yin J. Quantitative Risk Assessment for Maritime Safety Management / PhD thesis. Hong Kong Polytechnic University. — 2011. <http://repository.lib.polyu.edu.hk/jspui/bitstream/>

**Kalinichenko Y., Boiko A., Postnikov Y.**

#### **METHOD OF GENERALIZED RISK ASSESSMENT OF MARITIME ACCIDENTS IN THE SYSTEM OF NAVIGATION SAFETY MANAGEMENT**

*The article deals with the method of generalized risk assessment of maritime accidents in the system of navigation safety management, which considers the most complex classes of maritime accidents (very serious accidents, serious accidents), types of factors affecting the safety of navigation. The method defines acceptable and unacceptable risks for each maritime accident using a curvilinear trapezoid of acceptable risk. With the help of such a trapezoid it is possible to increase the accuracy of the assessment of the generalized risk of maritime accidents using sea and river transport. At the same time, the hypothesis of the distribution of maritime accidents according to Poisson's law is substantiated based on statistical data on very serious maritime accidents, serious accidents, maritime incidents and incidents for maritime and river transport for the period from 2006 to 2021. The analysis showed that for water transport for very serious and serious accidents there is no reason to reject the null hypothesis of a Poisson distribution of the population. A formal representation of the risk of occurrence of maritime accidents, considering the factors affecting the safety of navigation and the expected average damage, is performed. The risks used in the work for each water transport (sea, river) are considered both by classes of maritime accidents (very serious accidents, serious accidents) and by types of factors affecting the safety of the vessel itself, man, environment and cargo.*

**Keywords:** method, risk, maritime accident, maritime and river transport, risk, damage, probability, factor, shipping safety management system.