

УДК 629.113.004.67:38

DOI: 10.15587/2313-8416.2015.48292

## ПЛАНУВАННЯ ПРОЦЕСІВ УПРАВЛІННЯ ВАРТІСТЮ ПРОЕКТІВ МІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

© В. Х. Далека, О. Є. Доля

*В даній статті розглядається підхід щодо створення ефективних технологій управління вартістю в проектах міських пасажирських перевезень. Результатом досліджень є запропонована сукупність математичних моделей планування процесів управління вартістю проектів міських пасажирських перевезень, які дозволяють формувати бюджет проекту. Виконано математичне моделювання впливу факторів ризику на ймовірність окупності проекту із заданими параметрами*

**Ключові слова:** управління вартістю, бюджет проекту, ризик, обсяг перевезень, ймовірність окупності проекту

*In this article the approach to the creation of effective cost management technologies in projects of urban passenger traffic is considered. The result of the research is a proposed set of mathematical models of planning project cost management processes of urban passenger traffic, which allow forming the project budget. It is done mathematical modeling of risk factors on the probability of project payback with given parameters*

**Keywords:** cost management, project budget, risk, traffic volume, probability of the project payback

### 1. Вступ

Проекти міських пасажирських перевезень із використання транспортних засобів для обслуговування потреб населення із переміщення на маршрутах загально користування потребує фінансового, трудового та часового ресурсів [1], що змушує у проведєнні попередніх допроектних досліджень.

В системі міського пасажирського транспорту й проектах щодо міського пасажирського транспорту об'єми прогнозованих перевезень пасажирів й часовий розподіл цього об'єму є базою для прийняття низки першочергових рішень. Так, саме від об'єму пасажирів й його розподілу залежить показник кількості транспортних засобів, тип транспортних засобів й їх розклад руху.

В свою чергу кількісні та якісні характеристики щодо транспортних засобів впливають на трудовий й фінансовий ресурси. Врахування змін цих характеристик протягом функціонування проектів міських пасажирських перевезень дозволить ефективніше управляти процесом перевезень.

### 2. Постановка проблеми

Характерною рисою проектів міських пасажирських перевезень є стохастичність отриманих показників при заданих параметрах. А так як кожен проект міських пасажирських перевезень є тимчасовим й обмеженим в часі то й відповідно заходи щодо ефективного управління повинні мати відповідні інструменти, тобто пристосовані до реальних умов.

Наявність існуючих знань, навичок, інструментів і методів до операцій проекту для задоволення вимог, що пред'являються до проекту не дозволяє управляти вартістю проектів, а лише визначає чисельні значення отриманих показників.

Розробка моделей планування процесів управління вартістю проектів міських пасажирських перевезень дозволить в подальшому управляти вартістю проектів за рахунок дії на фактори, що викликають відхилення по вартості.

### 3. Аналіз літератури

Останнім часом до управління проектами застосовують системні підходи, виділяючи такі складові, як задум, засоби реалізації задуму та отримані результати (рис. 1) [2, 3].

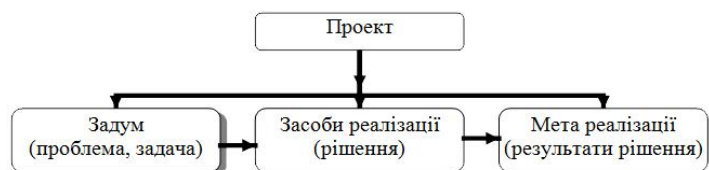


Рис. 1. Схема взаємодії основних елементів проекту

Відповідно до наведеної схеми та з урахуванням положень загальної теорії систем [4], система визначається як комплекс взаємодіючих між собою та з зовнішнім середовищем елементів, що призвело до визначення проекту, як сукупності визначених елементів та зв'язків між ними, забезпечуючи досягнення поставлених задач.

Натомість середовище має в собі сукупність факторів, які впливають на проект в часі й мають враховуватись в системі управління процесом. Виникнення ризиків в системах управління проектами пов'язують саме із нестабільністю зовнішнього середовища, що має свій прояв у згаданих проектних відхиленнях. Слід зазначити, що такі проектні відхилення не є постійними у часі. Також, не хетують й ризиками пов'язаними із ресурсами проекту, а саме: фінансовий, матеріальний, трудовий й часовий ресурси [5].

Інші науковці під зовнішнім середовищем розуміють джерело тих впливів на стан або параметри об'єкту управління, які не входять в склад впливів, заподіяних особою яка приймає рішення по управлінню проектом [6]. З чого, стан проекту є сумарний результат впливів зовнішнього середовища й рішень по управлінню проектом.

Натомість в роботі [7] зазначено, що до найбільш значних впливів на проект можна віднести: нестачу ресурсів, похибки в оцінюванні вартості та тривалості виконання робіт, недооцінювання ризиків, недостатньо чітке управління обов'язками, недостовірна інформація, зміна мети проекту та інші. Зазначено фактори, які впливають на ризики – неповнота та невизначеність вихідної інформації, імовірнісний характер майбутніх подій та зміни внутрішнього і зовнішнього середовища.

Одним з використовуваних методів оцінки ризику є метод виявлення факторів, які здійснюють найбільший вплив на реалізацію проекту. До таких факторів віднесено обсяг і ціну реалізованої продукції, витрати на виробництво, вартість залучених у проект ресурсів [7].

В проектах міських пасажирських перевезень до факторів обсяг і ціна реалізованої продукції можна віднести об'єм перевезених пасажирів та тариф на перевезення, витрати на виробництво здебільш залежать від вартості паливо-мастильних матеріалів, вартість залучених ресурсів залежить від вартості транспортних засобів [1, 7].

Таким чином необхідно розробити моделі планування процесів управління вартістю проектів міських пасажирських перевезень, що враховують ризики при формуванні бюджету проекту.

#### 4. Розробка моделей вартісної оцінки проектів міських пасажирських перевезень

Для врахування стохастичності перевізного процесу доцільно враховувати такі відхилення, шляхом розподілу  $i$ -го обсягу перевезень за період часу  $t$  згідно нормального закону

$$\phi_i = \frac{Q_{ti}}{Q_{cct}}, \quad (1)$$

де  $Q_{ti}$  –  $i$ -ий обсяг перевезень за період часу  $t$ , пас.;  $Q_{cct}$  – середній обсяг перевезень, розрахований за детермінованими моделями, пас.

При чому за нормальним законом,  $i$ -ий обсяг перевезень не повинен виходити за межі  $\pm 3\sigma$

$$Q_{ti} = Q_{cct} \pm 3\sigma. \quad (2)$$

Так як всі витрати залежать від пробігу на маршруті, то відповідно першим елементом, що буде враховувати стохастичність перевізного процесу, стане пробіг

$$L_{ti} = \frac{2l_m \cdot N_{pt} \cdot Q_{ti}}{Q_{cct}}, \quad (3)$$

де  $l_m$  – довжина маршруту, км;  $N_{pt}$  – кількість рейсів виконаних за період часу  $t$ .

Відповідно залежності (3) витрати на паливо будуть визначатися

$$Z_{nanti} = \left[ \left( \frac{2l_m \cdot N_{pt} \cdot Q_{ti}}{Q_{cct}} \cdot H_{nn} / 100 \right) \cdot K_{ec} + H_{nz} \right] \cdot C_{nall} \cdot K_{nall}, \quad (4)$$

де  $H_{nn}$  – норма витрат палива, л/100 км;  $K_{ec}$  – коефіцієнт обліку внутрішньогаражних витрат;  $H_{nz}$  – норма витрат палива в зимовий період, л;  $C_{nall}$  – ціна палива, грн.;  $K_{nall}$  – коефіцієнт обліку витрат на доставку та придбання палива.

В свою чергу витрати на мастильні матеріали можна буде розрахувати за наступною залежністю

$$Z_{mmti} = \left[ \left( \frac{2l_m \cdot N_{pt} \cdot Q_{ti}}{Q_{cct}} \cdot H_{nm} / 100 \right) \cdot K_{ec} + H_{nz} \right] \times (C_{zm} \cdot H_m + C_{zm} \cdot H_{zm}), \quad (5)$$

де  $C_{zm}$  – ціна одного літра масла, грн.;  $C_{zm}$  – ціна одного кілограма змащення, грн.;  $H_m$  – норма витрати масла, л/100 км;  $H_{zm}$  – норма витрати змащення, кг/100 км.

Таким самим чином можна буде визначити витрати на виконання технічного обслуговування і ремонт

$$\begin{cases} Z_{TOIPi} = \frac{2l_m \cdot N_{pt} \cdot Q_{ti}}{Q_{cct}} \cdot \frac{H_{TOIP}}{1000}, & \text{якщо } \phi_i \leq 1 \\ Z_{TOIPi} = \left( \frac{2l_m \cdot N_{pt} \cdot Q_{ti}}{Q_{cct}} \cdot \frac{H_{TOIP}}{1000} \right) \cdot \frac{1 + \phi_i}{\phi_i}, & \text{якщо } \phi_i > 1 \end{cases} \quad (6)$$

де  $H_{TOIP}$  – норма витрат на технічне обслуговування і ремонт, грн./1000 км.

Також витрати на шини можна буде розрахувати за наступним виразом

$$Z_{shini} = \left( \frac{2l_m \cdot N_{pt} \cdot Q_{ti}}{Q_{cct}} \cdot C_{shin} \cdot N_{shin} / 100 \right) \cdot K_{shin}, \quad (7)$$

де  $C_{shin}$  – ціна однієї шини, грн.;  $N_{shin}$  – кількість шин;  $K_{shin}$  – коефіцієнт обліку поточних витрат на шини.

В свою чергу витрати на заробітну плату водіїв та управлінського персоналу будуть визначатися за залежностями

$$Z_{vodit} = Z_{1vod} \cdot N_{vod} \cdot m_t, \quad (8)$$

$$Z_{yupr} = Z_{1yupr} \cdot N_{yupr} \cdot m_t (1 + H_{yupr} / 100), \quad (9)$$

де  $Z_{1vod}$ ,  $Z_{1yupr}$  – заробітна плата одного водія та робітника управлінського персоналу відповідно, грн.;  $N_{vod}$  – кількість водіїв та робітників управлінського персоналу відповідно;  $m_t$  – кількість місяців у періоді  $t$ ;  $H_{yupr}$  – норма надбавок на заробітну плату, %;

Таким чином загальні витрати, пов'язані з процесом виконання пасажирських перевезень будуть складатися

$$Z_{загт} = (Z_{пали} + Z_{мми} + Z_{ГОПт} + Z_{шнті} + Z_{води} + Z_{упт}) \cdot K_{заг.зосп}, \quad (10)$$

де  $K_{заг.зосп}$  – коефіцієнт обліку загальногосподарських витрат.

Так як наведені вище залежності (4) – (7) є складовими загальних витрат (10) й мають стохастичний характер, то відповідно вони будуть впливати на процес формування бюджету витрат проекту.

**5. Розробка моделей формування бюджету витрат проектів міських пасажирських перевезень**

Вагомою складовою бюджету витрат є нарахування за запозиченим капіталом, який виражається як тіло кредиту й визначається за залежністю

$$TK = A \cdot (C_0 + C_a) + A \cdot C_{оф} + C_{доо}, \quad (11)$$

де  $C_0$  – вартість доставки одного транспортного засобу, грн.;  $C_a$  – вартість одного транспортного засобу, грн.;  $C_{оф}$  – витрати пов'язані з оформленням транспортного засобу, грн.;  $C_{доо}$  – додаткові витрати, грн.

При чому витрати за кредитом становитимуть

$$C_{ii} = \frac{TK_{ii} \cdot C_T}{100}, \quad (12)$$

де  $C_T$  – процентна ставка за кредитом, %.

Так як з кожним періодом часу тіло кредиту має зменшуватися на суму погашень, то відповідно розрахувати його можна за залежністю

$$TK_{(t+1)i} = TK_{ii} - ЧП_{ii}, \quad (13)$$

де  $ЧП_{ii}$  – чистий прибуток за період часу  $t$ , грн.

В свою чергу величина чистого прибутку залежить від виплачених податків з прибутку

$$ЧП_{ii} = ЗП_{ii} - ПП_{ii}, \quad (14)$$

де  $ЗП_{ii}$  – загальний прибуток, грн.;  $ПП_{ii}$  – податок на прибуток, грн.

Так як податок на прибуток може нараховуватися при позитивному значенні прибутку відповідно повинна виконуватися умова

$$\begin{cases} ПП_{ii} = 0, \text{ якщо } ЗП_{ii} \leq 0, \\ ПП_{ii} = \frac{ЗП_{ii} \cdot П_n}{100}, \text{ якщо } ЗП_{ii} > 0, \end{cases} \quad (15)$$

де  $П_n$  – ставка податку на прибуток, грн.

Загальний прибуток можна визначити за залежністю

$$ЗП_{ii} = D_{ii} - ПДВ'_{ii} + ПДВ_{ii} - Z_{загт} - C_{ii} - AB_t, \quad (16)$$

де  $ПДВ_{ii}$ ,  $ПДВ'_{ii}$  – відповідно податок на додану вартість для відрахувань в бюджет та виплачений при покупці матеріалів, грн.;  $AB_t$  – амортизаційні відрахування, грн.

Податок на додану вартість для відрахувань в бюджет можна визначити за залежністю

$$ПДВ_{ii} = D_{ii} \cdot П_{де} - ПДВ'_{ii}, \quad (17)$$

де  $П_{де}$  – величина податку на додану вартість.

Для розрахунку амортизаційних відрахувань використовується наступна залежність

$$AB_t = \frac{BA_t \cdot H_A \cdot m_t}{100 \cdot 12}, \quad (18)$$

де  $BA_t$  – балансова вартість транспортних засобів, грн.;  $H_A$  – норма відрахувань на амортизацію, %.

Так як розрахунок параметрів проектів міських пасажирських перевезень відбувається на тривалий час (до 5 років), а світові економічні процеси можуть вносити свої корективи, то необхідно проводити процес дисконтування вартості проекту.

Це можливо за рахунок застосування коефіцієнта дисконтування або відсоткової ставки до суми капіталу або до права на такий капітал. При чому розрахунок ціни або поточної вартості до настання строку плати шляхом зменшення його вартості з використанням поточної відсоткової ставки.

При чому коригування поточних цін в зв'язку з очікуваними змінами прибутку або з якихось інших причин згідно з очікуваними майбутніми змінами цін на товари, курсів цінних паперів та валютних курсів.

Врахувати дані твердження математично можна використавши залежність

$$ЧП'_{ii} = \frac{ЧП_{ii}}{\left(1 + \frac{d}{100}\right)^t}, \quad (19)$$

де  $d$  – ставка дисконту, %;

Визначити різницю між усіма грошовими потоками та відтоками, що приведені до поточного моменту часу можливо визначивши чисту приведену вартість [25]:

$$NPV = \sum_{t=1}^N \frac{CF_t}{(1+i)^t} - IC + \sum_{t=1}^N \frac{CF_t}{(1+i)^t}, \quad (20)$$

де  $NPV$  чиста приведена вартість;  $CF_t$  – потік платежів за період часу  $t$ ;  $IC$  – початкові інвестиції;  $N$  – кількість років;  $i$  – ставка дисконтування.

**6. Визначення закономірностей впливу факторів ризику на ймовірність окупності проекту**

Головною характеристикою маршруту є обсяг перевезень і як з'ясувалося раніше дуже важливим є його коливання протягом часу функціонування маршруту, що є фактором ризику.

Під час проведення експериментальних досліджень було виявлено, що середньоквадратичне відхилення обсягів перевезень коливається в межах 1–10 %. Обравши міський маршрут з обсягом перевезень 500000 пасажирів на рік та іншими параметрами було виконано математичне моделювання ймовірності окупності проекту. Так зміну ймовірності окупності проекту при середньоквадратичному відхиленні  $\sigma = 1\%$  наведено на рис. 2.

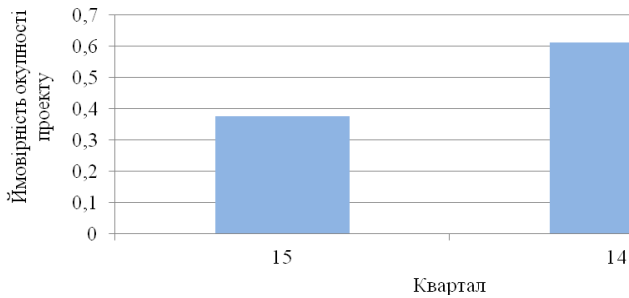


Рис. 2. Діаграма зміни ймовірності окупності проекту при середньоквадратичному відхиленні  $\sigma = 1\%$  (5000 пасажирів)

Як видно з рис. 2 ймовірність окупності у 14 кварталі становить 61 %, а в 15 кварталі – 39 %. Зміна середньоквадратичного відхилення  $\sigma = 2\%$  призводить до розширення діапазону ймовірності окупності проекту на 4 квартали (рис. 3).

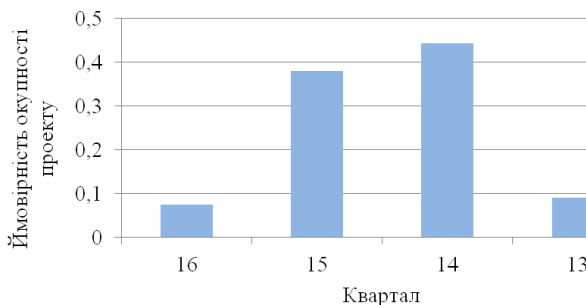


Рис. 3. Діаграма зміни ймовірності окупності проекту при середньоквадратичному відхиленні  $\sigma = 2\%$  (10000 пасажирів)

Зміна середньоквадратичного відхилення  $\sigma = 3\%$  призводить до розширення діапазону ймовірності окупності проекту на 7 кварталів (рис. 4).

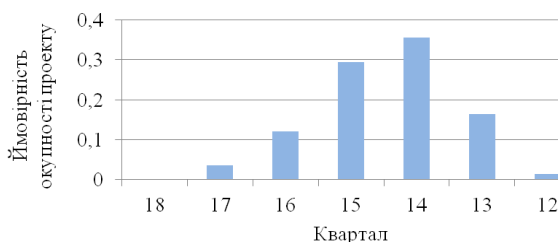


Рис. 4. Діаграма зміни ймовірності окупності проекту при середньоквадратичному відхиленні  $\sigma = 3\%$  (15000 пасажирів)

Збільшення середньоквадратичного відхилення ще на 1 % ( $\sigma = 4\%$ ) призводить до розширення діапазону ймовірності окупності проекту на 8 кварталів (рис. 5).

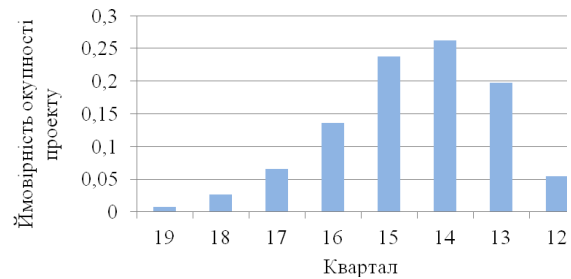


Рис. 5. Діаграма зміни ймовірності окупності проекту при середньоквадратичному відхиленні  $\sigma = 4\%$  (20000 пасажирів)

Розподіл ймовірності окупності проекту при середньоквадратичному відхиленні  $\sigma = 5\%$  та  $\sigma = 6\%$  наведено на рис. 6, 7.

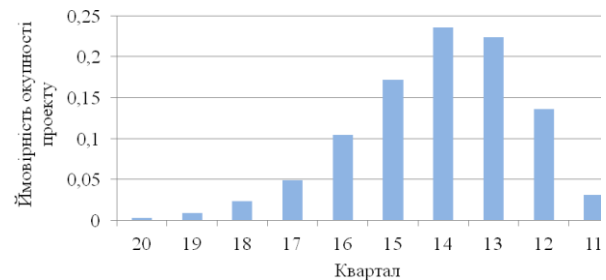


Рис. 6. Діаграма зміни ймовірності окупності проекту при середньоквадратичному відхиленні  $\sigma = 5\%$  (25000 пасажирів)

Як видно подальше збільшення середньоквадратичного відхилення призводить до виходу за межі тривалості проекту (5 років).

Іншою характеристикою маршруту, яка впливає на ймовірність окупності проекту є величина тарифу. Для досліджень було обрано інтервал зміни тарифу від 3,25 до 4 гривень при середньоквадратичному відхиленні 5 %. Зміну ймовірності окупності проекту при тарифі 3,25 гривень та середньоквадратичному відхиленні  $\sigma = 5\%$  наведено на рис. 8.

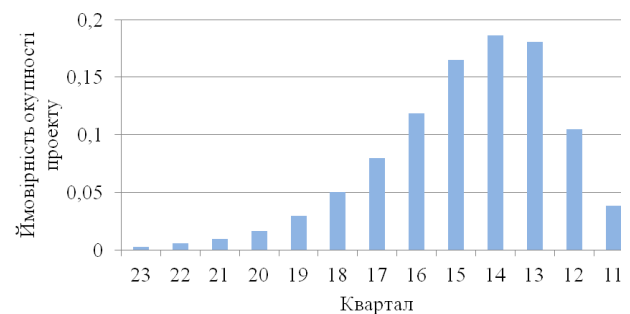


Рис. 7. Діаграма зміни ймовірності окупності проекту при середньоквадратичному відхиленні  $\sigma = 6\%$  (30000 пасажирів)

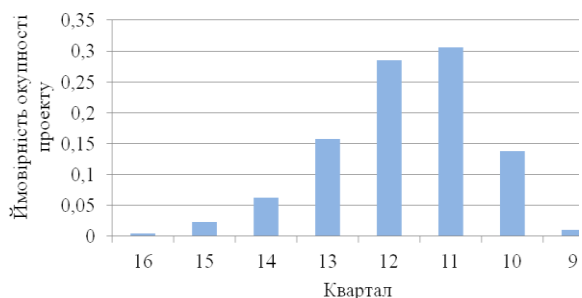


Рис. 8. Діаграма зміни ймовірності окупності проекту при величині тарифу  $T = 3,25$  грн. та середньоквадратичному відхиленні  $\sigma = 5\%$

Як видно збільшення величини тарифу призводить до зміщення найбільш ймовірного кварталу окупності (а саме 11 квартал) та зменшенню кварталів окупності. Подібна ситуація спостерігається при збільшенні величини тарифу до 3,5 гривень (рис. 9) та 3,75 гривень (рис. 10) за проїзд одного пасажера.

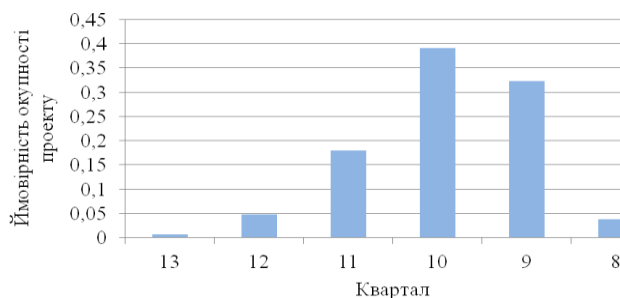


Рис. 9. Діаграма зміни ймовірності окупності проекту при величині тарифу  $T = 3,5$  грн. та середньоквадратичному відхиленні  $\sigma = 5\%$

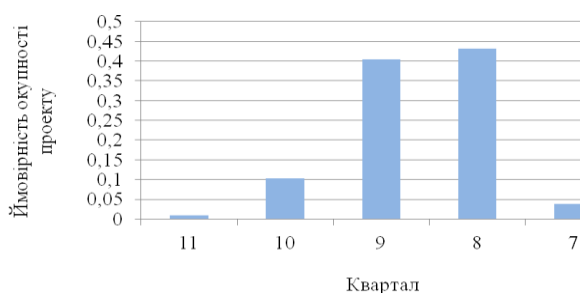


Рис. 10. Діаграма зміни ймовірності окупності проекту при величині тарифу  $T = 3,75$  грн. та середньоквадратичному відхиленні  $\sigma = 5\%$

Подальше збільшення величини тарифу тільки збільшує ймовірність окупності в окремому кварталі, але відомо що збільшення величини тарифу змінює привабливість як окремого маршруту так і окремого виду транспорту.

### 7. Висновки

За результатами математичного моделювання можна зробити висновок, що найбільш ймовірним

періодом окупності є 14 квартал з ймовірністю від 0,23 до 0,61. При цьому після відхилення у 5% ймовірність окупності виходить за межі тривалості проекту. Таким чином зміна середньоквадратичного відхилення призводить до зниження ймовірності окупності проекту в межах певного кварталу та автоматично розширює діапазон часу окупності проекту.

Натомість збільшення тарифу значно скорочує термін окупності проекту. Тому при визначенні обґрунтованого тарифу слід мати достовірні дані, як по обсягам перевезень так і по їх коливанням протягом тривалого періоду часу.

В подальшому необхідно визначити фактори ризиків пов'язані із роботою підприємства й транспортного засобу та оцінити їх вплив на ймовірність окупності проекту.

### Література

1. Воркут, Т. А. Проектний аналіз [Текст] / Т. А. Воркут. – К.: Український центр духовної культури, 2000. – 440 с.
2. Туккель, И. Л. Управление инновационными проектами [Текст] / И. Л. Туккель, А. В. Сурина, Н. Б. Культин. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 416 с.
3. Чумаченко, І. В. Управління проектами: процеси планування проектних дій [Текст] / І. В. Чумаченко, В. В. Морозов, І. В. Доценко та ін. – К.: Університет економіки та права «Крок», 2014. – 673 с.
4. Гаврилов, Е. В. Системологія на транспорті. Основи теорії систем і управління [Текст] / Е. В. Гаврилов, М. Ф. Дмитриченко, В. К. Доля та ін.; під ред. М. Ф. Дмитриченка. – К.: Знання України, 2005. – 344 с.
5. Роговой, Е. М. Управление проектами [Текст] / под ред. Е. М. Роговой. – М.: Издательство Юрайт, 2013. – 383 с.
6. Королькова, Е. М. Риск-менеджмент: управление проектными рисками [Текст] / Е. М. Королькова. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. – 160 с.
7. Чумаченко, І. В. Система управління ризиками проектів підприємства [Текст] / І. В. Чумаченко, М. О. Латкін, Т. І. Бондарева та ін. – Х.: «ХАІ», 2012. – 232 с.

### References

1. Vorkut, T. A. (2000). Proektnyj analiz. Kyiv: Ukrai'ns'kyj centr duhovnoi' kul'tury, 440.
2. Tukkel', I. L., Surina, A. V., Kul'tin, N. B. (2011). Upravlenie innovacionnymi proektami. Sankt Petersburg: BHV-Peterburg, 416.
3. Chumachenko, I. V., Morozov, V. V., Docenko, I. V. et al. (2014). Upravlinnja proektamy: procesy planuvannja proektnyh dij. Kyiv: Universtyet ekonomiky ta prava «Krok», 673.
4. Gavrylov, E. V., Dmytrychenko, M. F., Dolja, V. K. et. al.; Dmytrychenka, M. F. (Ed.) (2005). Systemologija na transporti. Osnovy teorii' system i upravlinnja. Kyiv: Znannja Ukrai'ny, 344.
5. Rogovoj, E. M. (2013). Upravlenie proektami. Moscow: Izdatel'stvo Juraj, 383.
6. Korol'kova, E. M. (2013). Risk-menedzhment: upravlenie proektnymi riskami. Tambov: Izd-vo FGBOU VPO «TGTU», 160.
7. Chumachenko, I. V., Latkin, M. O., Bondarjeva, T. I. et. al. (2012). Systema upravlinnja ryzykamy proektiv pidpryjemstva. Kharkiv: «HAI», 232.

Дата надходження рукопису 22.07.2015

**Далека Василь Хомич**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри, кафедра електричного транспорту, Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова, вул. Революції, 12, м. Харків, Україна, 61002  
E-mail: daleka@ksame.kharkov.ua

**Доля Олена Євгенівна**, асистент, кафедра управління проектами в міському господарстві і будівництві, Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова, вул. Революції, 12, м. Харків, Україна, 61002  
E-mail: dolya.o.e.@ksame.kharkov.ua

УДК 629.565.2

DOI: 10.15587/2313-8416.2015.48052

## ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КОМПОЗИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ СУДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

© Ю. А. Казимиренко

*Разработаны новые научно-методические принципы алгоритмизации оценки технического состояния, в основу которых положены качественные и количественные показатели изменения структуры и свойств материалов композитных конструкций судов в условиях ионизирующих излучений, термоциклических нагрузок, коррозионного воздействия химически активных веществ. Для обработки и систематизации данных разработана новая информационно-поисковая система «PROTECTIVE COATINGS DATA»*

**Ключевые слова:** *техническое состояние, композитные конструкции, информационно-поисковая система, повреждаемость материалов, суда*

*The new scientific and methodical principles of algorithmization of technical state evaluation were developed; they are based on qualitative and quantitative indicators of changing the structure and material properties of composite constructions of vessels in conditions of ionizing radiation, thermocyclic stress and corrosive influence of chemically active substances. The new information-retrieval system «PROTECTIVE COATINGS DATA» for processing and systematization of data was developed*

**Keywords:** *technical state, composite constructions, information-retrieval system, defectiveness of materials, vessels*

### 1. Введение

Оценка технического состояния конструкций судов и транспортного оборудования является важной задачей, обеспечивающей безопасную перевозку грузов. В настоящее время повышенные требования международных классификационных обществ к надежности судов обязывают судовладельцев осуществлять техническое обслуживание на высоком уровне с использованием наукоемких технологий. Решение проблемы перевозок радиоактивных грузов водным транспортом требует создания специализированных судов и плавучих сооружений, максимально приспособленных к грузовым операциям. Дополнительную защиту экипажа и изоляцию грузов обеспечивают многослойные конструкции биологической защиты, изготовленные из материалов с разными свойствами. Сложные условия эксплуатации и расширение ассортимента используемых в судостроении материалов вызывают необходимость усовершенствования методов и средств диагностирования, обработки и

прогнозирования результатов, внедрения нового информационного обеспечения.

### 2. Анализ исследований и публикаций

Современный опыт оценки технического состояния судовых конструкций отражен в работах отечественных и зарубежных авторов [1–4], освещающих вопрос исключительно с позиций коррозионного износа корпуса и решения задач безопасности с применением методов экспертных оценок. При этом не рассматриваются другие факторы повреждаемости судовых конструкций, а применяемые программные продукты не обеспечивают сбор, обработку, хранение и систематизацию данных о структурных и эксплуатационных характеристиках применяемых материалов. На практике для оценки повреждаемости выполняются дорогостоящие натурные эксперименты на специально подготовленных моделях с использованием методов неразрушающего и повреждающего контроля, к которым относятся химический анализ, металлографические исследования, механиче-

ские испытания [5, 6]. Для измерения геометрических параметров используются методы толщинометрии [6], накопленные данные по однотипным судам подлежат статистической обработке с помощью современных версий систем компьютерной алгебры [7, 8]. Полученные результаты используются для разработки конструктивно-технологических мероприятий по устранению дефектов на стадиях проектных работ. Новой тенденцией в развитии систем компьютерной алгебры является появление и развитие средств работы с базами данных (БД), в которые также заносятся графические объекты информации: зависимости распределения износов и напряжений [9], фотографии коррозионной и механической повреждаемости [10].

Композитные конструкции биологической защиты (БЗ) в процессе эксплуатации подвергаются воздействию ионизирующих излучений (ИИ), могут испытывать температурные нагрузки и непосредственный контакт с химически активными средами [11]. Процесс замены материалов или применение новых требует приобретения новых знаний о возможных дефектах, связанных с изменениями их структуры и свойств. Методы оценки технического состояния конструкций судов должны основываться на принципах доступности обновления и систематизации информации, возможности сопоставления результатов, использовании их при обработке статистическими методами, сведении к минимуму материальных затрат за счет сокращения натурных испытаний.

Не смотря на развитие методов неразрушающего контроля и информационных технологий для диагностики композиционных материалов и конструкций, в научной литературе последнего десятилетия слабо отражены новые направления в области разработки и развития методов оценки технического состояния в судостроении, существующие алгоритмы привязаны к конкретным проектам. Кроме того, не затрагиваются вопросы оценки технического состояния конструкций биологической защиты судов и плавучих сооружений, что, в свою очередь, является важной частью эксплуатационных и сюрвейерских задач, связанных с возникновением страховых случаев при перевозке радиоактивных грузов. Поэтому решением важной научно-технической проблемы повышения надежности специализированных судов и плавучих сооружений, предназначенных для перевозки и хранения радиоактивных веществ, является развитие методов оценки технического состояния конструкций биологической защиты, основанных на новых разработках в области материаловедения, информационных технологий, системного анализа.

#### 4. Цель и задачи исследований

Цель работы – разработка научно-методических принципов алгоритмизации оценки технического состояния, систематизирующей качественные и количественные показатели изменения структуры и

свойств материалов композитных конструкций в условиях ионизирующих излучений, термоциклических нагрузок, коррозионного воздействия химически активных сред.

Для достижения поставленной цели в работе необходимо решить задачи систематизации данных, выбора критериев повреждаемости материалов и покрытий в условиях ионизирующих излучений, термоциклических нагрузок, коррозионного воздействия химически активных сред; разработки и апробации новых информационных ресурсов; составления алгоритма, описывающего порядок действий эксперта на стадиях проектирования, технологической подготовки и эксплуатации конструкций.

#### 5. Систематизация данных и выбор критериев повреждаемости материалов и покрытий конструкций биологической защиты

##### 5.1. Материалы для изготовления конструкций биологической защиты судов и плавучих сооружений

Панельные конструкции БЗ целесообразно изготавливать из слоев разных материалов: плит радиационно-стойкого бетона (ГОСТ 25192-2012), облицованных листами нержавеющей (ГОСТ 5632-72) или углеродистой (ГОСТ 5521-93) стали [12]. Дополнительная защита от действия ИИ, коррозионного износа создается путем нанесения композиционного слоя с повышенным коэффициентом ослабления излучений. В работах [11, 13, 14] предлагается использовать электродуговые покрытия на основе Св-08Г2С (ГОСТ 2246-70) и Св-АМг5 (ГОСТ 24315-80), наполненные полими стеклянными микросферами (ПСМ), например, марки МС-А-9 (ТУ 6-48-108-94), порошками натрийсиликатного (ГОСТ 24315-80) и свинцовосодержащего (ГОСТ 9541-75) стекол. Дополнительную защиту также может создавать облицовка из алюмоматричных плиток, полученных методом горячего прессования смесей из порошков алюминия (например, марки ПА-5 ГОСТ 6058-73) или алюминиевой пудры (например, марки АПС-1А, ГОСТ 5494-95) с ПСМ, порошками SiC (ГОСТ 9428-73) или Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (ГОСТ 30558-98).

##### 5.2. Эксплуатационные дефекты, методики исследований и критерии повреждаемости материалов и покрытий

Выявлению эксплуатационных дефектов предшествовали экспериментальные и теоретические исследования, результаты которых представлены в работах [11, 13–15]. Поскольку срок эксплуатации конструкций определяется состоянием структуры и физико-механическими свойствами используемых материалов, при постановке исследований главный приоритет отдается диагностике структурных изменений. Для определения критериев повреждаемости исследованиям подвергались образцы после воздействия потока  $\gamma$ -излучения Co<sup>60</sup>, термоциклических испытаний в диапазонах темпе-

ратур до 300...570 °С, коррозионного воздействия химически активных сред: 20 %-ных водных растворов соляной (HCl), серной (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) и азотной (HNO<sub>3</sub>) кислот. Микроструктурные исследования осуществлялись с помощью методов электронной и оптической микроскопии с использованием микроскопа-микроанализатора РЭММА-102-02 и металлографического микроскопа ММР-2Р, качественный фазовый рентгеноструктурный анализ образцов выполнялся на установке ДРОН-3. Полученные результаты подлежали сравнению с микроструктурами и рентгенограммами этих же образцов до испытаний (т.н. эталонных образцов). Цифровые микрофотографии обрабатывались методами стереометрической и компьютерной металлографии. Качественными показателями, характеризующими изменения структуры композиционных материалов и покрытий следует считать: изменения текстуры, появление дополнительных пор, трещин, расслоения, выкрашивания включений, появление новых фаз. Количественными показателями структурных изменений являются: объемная и поверхностная пористость, средний размер пор, микротвердость составляющих фаз, размер зерен и областей когерентного рассеяния (ОКР). Объемная пористость исследовалась с помощью методики гидростатического взвешивания, поверхностная – с помощью оптической металлографии. Определение микротвердости составляющих фаз осуществлялось с помощью микротвердомера ПМТ-3 при нагрузке на индентор 20 г для металлической матрицы и 200 г для стеклянных включений. Микроструктурные исследования образцов из Ст 3 проводились на травленных микрошлифах, травление осуществлялось в 4 % ном спиртовом растворе HNO<sub>3</sub>. Определение размеров зерен осуществлялось по ГОСТ 5639-82, размера ОКР – по результатам численной обработки рентгенограмм.

В большинстве случаев структурные изменения приводят к изменению механических свойств защитного композиционного слоя и стальных листов. Проводимые для стальных пластин с покрытием и без покрытия механические испытания включали определение твердости  $HV_5$  стальной подложки по Виккерсу, предела прочности  $\sigma_b$ , предела текучести  $\sigma_T$ , прочности сцепления  $\sigma_{отр}$  покрытий с подложкой. Для алюмоматричных плиток главной прочностной характеристикой является предел прочности при сжатии  $\sigma_{сж}$ .

#### **6. Разработка и применение информационно-поисковой системы «PROTECTIVE COATINGS DATA» для оценки технического состояния конструкций**

Методическое обеспечение оценки технического состояния конструкций биологической защиты судов и плавучих сооружений, предназначенных для перевозки и хранения радиоактивных грузов, включает разработку новой специализиро-

ванной информационно-поисковой системы (ИПС) «PROTECTIVE COATINGS DATA», концептуальная модель которой представлена в работе [15]. Программный продукт разработан на языке SQL (Structured Query Language) и может работать под управлением операционных систем Linux, Windows. Основным элементом ИПС является информационно-поисковый массив документально-фактографического типа, содержащий микрофотографии, фрагменты дифрактограмм и обработанные данные физических экспериментов. Фактографическая часть информационно-поискового массива имеет строчечную запись (рис. 1), включает информацию о технологических режимах, физико-механических, эксплуатационных свойствах и заполняется администратором на стадии проектирования конструкций.

Меню содержит функции просмотра и добавления данных, где информация представлена в виде «сущностей» с названием композиций, «типов сущностей» – графических объектов (например, микроструктур) и «характеристик» – свойств материалов в виде численных значений с обозначениями и размерностью. Информация о материалах до испытаний заносится в блок «Эталоны», в блоках «Облученные материалы и покрытия», «Материалы и покрытия после термоциклических испытаний», «Материалы и покрытия после коррозионных испытаний» находятся сведения об их повреждаемости с указанием условий (например, вид химически активной среды, время, характер предварительной обработки и проч.). Заполнение и редактирование информации осуществляется администратором системы, функция просмотра и быстрого поиска для сравнения данных могут быть предоставлены пользователю.

Диагностика проводится путем сопоставления микроструктур образцов-свидетелей или топографии поверхности конструкций после эксплуатации с микрофотографиями из блока «Эталоны», использование функций поиска также позволяет сопоставить измеренные физико-механические характеристики с исходными данными. По результатам сравнения графических объектов можно, например, оценить вид коррозионного повреждения (равномерная, питтинговая коррозия и проч.), изменение текстуры, появление дополнительных пор, трещин, расслоения, выкрашивания включений и других дефектов. Наложение и обработка цифрового изображения с помощью методов компьютерной металлографии [16], систем анализа и обработки изображений (Adobe Photoshop, Point NET, GIMP) [17] позволит эксперту сделать квалифицированное заключение о структурных изменениях в исследуемых материалах. В качестве примера на рис. 2 представлено наложение графических объектов: микроструктур (а) и фрагментов рентгенограмм (б) электродуговых покрытий на основе Св-08Г2С, наполненных полыми стеклянными микросферами.



Header

Добавление характеристик

Характеристика

Сущность: 7 Характеристики: Св-АМг5-PCM (40)

Тип данных

10<sup>х\*</sup> | Размерность

Наименование

Обозначение

Обновить | Добавить | Удалить

Добавление характеристик

haracteristic\_list.php

table

id	Наименование	Обозначение	Число	Число_min	Число_max	Строка	Сущность_id	Файл_id	Тип_Данных_id	Размерность_id	Множитель_10_id
4	Кажущаяся плотность	$\rho$	1500				7	1	15	0	
5	Пористость общая	П	22				7	1	66	0	
6	Пористость открытая	ПО	5				7	1	66	0	
7	Микротвердость матрицы	Hц20	470				7	1	25	6	
8	Микротвердость включения	Hц200	1250				7	1	25	6	
9	Твердость покрытия	HV5	777				7	1	25	6	
10	Прочность сцепления с подложкой	сотр	15				7	1	25	6	
11	Эффективный ТКЛР	$\alpha^*$	6.91				7	1	64	-6	
12	Коэффициент теплопроводности	$\lambda$	75				7	1	55	0	
13	Коэффициент температуропроводности	a	53				7	1	67	-6	
14	Массовый коэффициент поглощения излучений	$\mu_{\text{мас}}$	18.6				7	1	69	0	
15	Степень экранирования $\gamma$ -излучений Со60	$\epsilon$	55				7	1	66	0	
16	Коэффициент рассеивания энергии	$\Psi$	12.32				7	1	66	0	

Foter

Рис. 1. Интерфейс ввода экспериментальных данных

Цифровая обработка мест повреждений на микрофотографиях (рис. 2, а) позволяет определить размеры пор, что может быть использовано при прогнозировании свойств конструкций. Наложение изображений (рис. 2, б), где разными цветами могут быть выделены фрагменты дифрактограмм эталонно-

го образца и образца после термообработки при температуре 500 °С, позволяет судить об изменении ширины пиков, а следовательно, об изменениях размеров зерен. При обработке полученной информации можно рассчитать размер ОКР и судить о структурных изменениях, вызванных влияниями температур.

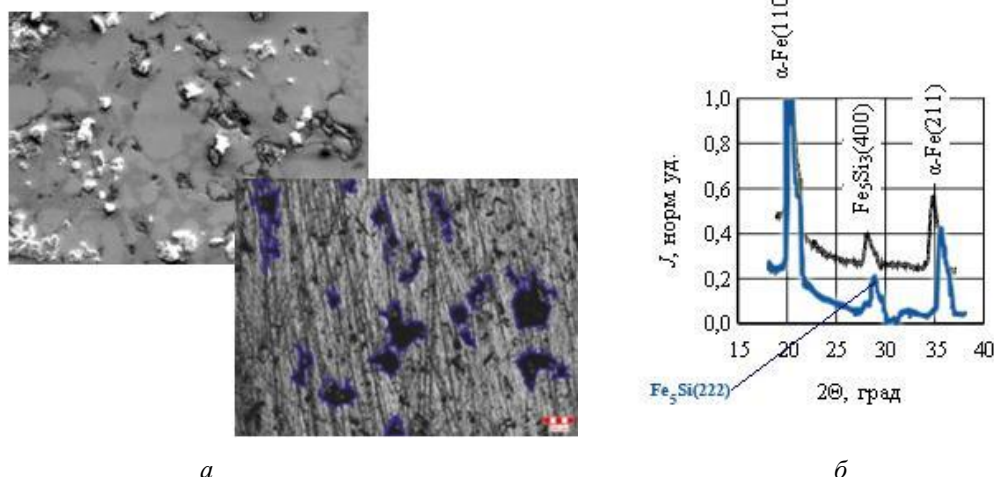


Рис. 2. Пример наложения графических объектов: а – микроструктур ( $\times 120$ ): эталон/образец после коррозионного разрушения в среде  $\text{HNO}_3$  (20 %) в течение 840 часов; б – фрагментов рентгенограмм: эталон/образец после термообработки при температуре 500 °С

Таким образом, еще на этапе проектирования судна или плавучего сооружения конструктор владеет всем спектром информации о применяемых материалах и покрытиях, включая технологические рекомендации, и может решать оптимиза-

ционные задачи по выбору наилучших альтернатив под конкретные цели. В рамках системы поиск может быть осуществлен по запросам, включающим конкретные названия композиций и ключевым словам.

### 7. Составление алгоритма проведения технической диагностики и оценки технического состояния композитных конструкций судов

Алгоритм оценки технического состояния представляет собой набор инструкций, описывающих порядок действий научно-технического работника на этапах проектирования и технологической подготовки композитных конструкций, действий эксперта на этапах эксплуатации судна или плавучего сооружения.

В процессе проектирования производится выбор материалов и покрытий для изготовления конструкций БЗ. На основании имеющихся в ИПС «PROTECTIVE COATINGS DATA» данных о структуре, свойствах и их изменении в определенных условиях эксплуатации составляется заключение, результаты которого в дальнейшем используются для сопоставления данных при выполнении технической экспертизы.

Оценка технического состояния композитных конструкций в процессе технологической подготовки включает строгое соблюдение режимов, указанных в техзадании. При отсутствии сертификатов или несоответствия материалов производится определение механических показателей, а также металлографические или химические исследования образцов в соответствии с ГОСТ 7564-97, ГОСТ 1497-84, ГОСТ 22536.0-87. Полученные результаты заносятся в базу данных. Для прогнозирования и анализа информации можно воспользоваться диаграммой Каору-Исикавы [18], позволяющей определять и предупреждать появление дефектов производственного характера. Диаграмма составляется на стадии проектирования конструкций для обобщения и систематизации информации, полученной в процессе лабораторных исследований и опытного производства. На рис. 3 в качестве примера приведены диаграмма Каору-Исикавы, составленная для случая формирования защитного слоя методом электродугового напыления.

Оценка технического состояния конструкций на этапах эксплуатации основана на методе сравнения с эталонами и включает отбор проб, проведение металлографических исследований с занесением полученной информации в базу данных ИПС «PROTECTIVE COATINGS DATA» с последующим сравнением с характеристиками из блока «Эталоны». В результате наложения графической информации и сопоставления табличных данных рассчитываются статистические параметры и формируется отчет.

Прогнозирование возможности образования дефектов при различных условиях эксплуатации позволит оценить реальный ресурс работы композитных конструкций и разработать технологические мероприятия, направленные на его продление. Перспективы дальнейших исследований связаны с развитием и усовершенствованием методов неразрушающей дефектоскопии.



Рис. 3. Причинно-следственная диаграмма Каору-Исикавы для случая формирования защитного слоя методом электродугового

### 8. Выводы

Выбраны качественные и количественные критерии повреждаемости новых материалов и покрытий, применяемых для изготовления конструкций биологической защиты судов и плавучих сооружений, предназначенных для перевозки и хранения радиоактивных грузов.

Разработана и апробировано применение новой информационно-поисковой системы «PROTECTIVE COATINGS DATA», предназначенной для обработки, хранения, систематизации данных о свойствах, структурных характеристиках, появлении и развитии дефектов в материалах и покрытиях в условиях облучения, термоциклического нагружения, коррозионного воздействия химически активных сред.

Предложен алгоритм оценки технического состояния композитных конструкций судов и плавучих сооружений, описывающие порядок действий научно-технического работника (эксперта) на стадиях проектирования, технологической подготовки и эксплуатации конструкций.

### Литература

- Егоров, Г. В. Проектирование судов ограниченных районов плавания на основании теории риска [Текст]: монография / Г. В. Егоров. – СПб.: Судостроение, 2007. – 384 с.
- Нестеренко, В. Б. Оценка технического состояния судовых конструкций длительной эксплуатации [Текст] / В. Б. Нестеренко, О. П. Завальнюк // Науковий вісник Херсонської державної морської академії. – 2012. – № 1 (6). – С. 102–110.
- Тряскин, В. Н. Структура модели данных в автоматизированных системах для оценки технического состояния корпуса судна [Текст] / В. Н. Тряскин, Х. М. Шон // Вестник АГТУ. Сер.: Морская техника и технология. – 2012. – № 1. – С. 41–45.
- Петрова, Н. Е. Изменение технического состояния корпуса судна в процессе эксплуатации [Текст] / Н. Е. Петрова // Вестник МГТУ. – 2009. – Т. 12, № 1. – С. 39–41.
- Бимберек, П. А. Исследования на моделях судовых перекрытий с повышенным уровнем работоспособности при местных нагрузках [Текст] / П. А. Бимберек // Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р. Е. Алексеева. – 2011. – № 3 (90). – С. 183–189.

6. Перрен, А. А. Неразрушающий контроль полимерных композитных материалов в судостроении [Текст] / А. А. Перрен, А. М. Баганик // В мире неразрушающего контроля. – 2011. – № 3 (53). – С. 24–26.

7. Лузин, В. П. Информационно-технические основы создания систем управления крупными рисками в страховой компании : Монография [Текст] / В. П. Лузин. – М.: БУКВИЦА, 2000. – 146 с.

8. Клименко, В. П. Современные особенности развития систем компьютерной алгебры [Текст] / В. П. Клименко, А. Л. Ляхов, Д. Н. Гвоздик // Математичні машини і системи. – 2011. – № 2. – С. 3–16.

9. Францев, М. Э. Способ проектного обоснования главных элементов и других характеристик судов из композиционных материалов при помощи анализа баз данных [Текст] / М. Э. Францев // Вестник АГТУ: Сер.: Морская техника и технология. – 2011. – № 3. – С. 37–46.

10. Москаленко, М. А. Основы обеспечения конструктивной безопасности морских судов [Текст]: монография / М. А. Москаленко. – Владивосток: Дальнаука, 2005. – 162 с.

11. Казимиренко, Ю. А. Формирование конструкций плавучих композитных сооружений для перевозки и хранения радиоактивных грузов [Текст] / Ю. А. Казимиренко // Технологический аудит и резервы производства. – 2014. – Т. 6, № 5 (20). – С. 7–9. doi: 10.15587/2312-8372.2014.31884

12. Барышников, М. В. Перевозка ОЯТ морским транспортом [Текст] / М. В. Барышников, А. В. Худяков, В. М. Овсянников, В. И. Шлячков // Безопасность окружающей среды. – 2010. – № 1. – С. 98–105.

13. Казимиренко, Ю. А. Закономерности формирования металлостеклянных материалов и покрытий с повышенными рентгенозащитными свойствами [Текст] / Ю. А. Казимиренко // Технологический аудит и резервы производства. – 2013. – Т. 6, № 2 (14). – С. 45–55. – Режим доступа: <http://journals.uran.ua/tarp/article/view/19497/17165>

14. Казимиренко, Ю. А. Радиационная стойкость металлостеклянных покрытий для плавучих композитных сооружений [Текст] / Ю. А. Казимиренко, В. В. Шлапачка // Судостроение и морская инфраструктура. – 2015. – № 1 (3). – С. 111–121.

15. Проектная оценка технического состояния судовых конструкций с использованием информационно-поисковых систем [Текст] / Ю. А. Казимиренко, Т. А. Фарионова, С. А. Казимиренко, Д. Е. Стрелковский // Вісник НТУ «ХП». Серія : Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. – 2014. – № 3 (1046). – С. 60–64.

16. Литовченко, С. В. Автоматизация анализа металлографических структур [Текст] / С. В. Литовченко, Т. В. Малыгина, Л. О. Шпагина, В. О. Шпагина // Вісник Харківського національного університету. – 2011. – № 960. – С. 215–223.

17. Овечкин, М. И. Применимость программных комплексов для работ со снимками к задачам анализа рентгенограмм [Текст] / М. И. Овечкин, А. И. Сердюк // Программные продукты и системы. – 2013. – № 2. – С. 2149–2253.

18. Мазур, И. И. Управление качеством: учебное пособие [Текст] / И. И. Мазур, В. Д. Шапиро. – М.: Высшая школа, 2003. – 339 с.

#### Referenses

1. Egorov, G. V. (2007). Proektirovanie sudov ograničennyh rajonov plavanija na osnovanii teorii riska. SPb.: Sudostroenie, 384.

2. Nesterenko, V. B., Zaval'njuk, O. P. (2012). Ocenka tehničeskogo sostojanija sudovyh konstrukcij dlitel'noj jekspluatcii. Naukovij visnik Hersons'koi derzhavnoi mors'koi akademii, 1 (6), 102–110.

3. Trjaskin, V. N., Shon, H. M. (2012). Struktura modeli dannyh v avtomatizirovannyh sistemah dlja ocenki tehničeskogo sostojanija korpusa sudna. Vestnik AGTU. Ser.: Morskaja tehnika i tehnologija, 1, 41–45.

4. Petrova, N. E. (2009). Izmenenie tehničeskogo sostojanija korpusa sudna v processe jekspluatcii. Vestnik MGTU, 12 (1), 39–41.

5. Bimberekov, P. A. (2011). Issledovanija na modeljah sudovyh perekrytij s povyshennym urovnem rabotosposobnosti pri mestnyh nagruzkah. Trudy Nizhegorodskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta im. R. E. Alekseeva, 3 (90), 183–189.

6. Perren, A. A., Baganik, A. M. (2011). Nerazrushajushhij kontrol' polimernyh kompozitnyh materialov v sudostroenii. V mire nerazrushajushhego kontrolja, 3 (53), 24–26.

7. Luzin, V. P. (2000). Informacionno-tehničeskije osnovy sozdaniya sistem upravlenija крупными riskami v strahovoj kompanii. Moscow :BUKVICA, 146.

8. Klimenko, V. P., Ljahov, A. L., Gvozdik, D. N. (2011). Sovremennye osobennosti razvitija sistem komp'juternoj algebry. Matematichni mashini i sistemi, 2, 3–16.

9. Francev, M. Je. (2011). Sposob proektnogo obosnovanija glavnyh jelementov i drugih harakteristik sudov iz kompozicionnyh materialov pri pomoshhi analiza baz dannyh. Vestnik AGTU: Ser.: Morskaja tehnika i tehnologija, 3, 37–46.

10. Moskalenko, M. A. (2005). Osnovy obespechenija konstruktivnoj bezopasnosti morskikh sudov. Vladivostok: Dal'nauka, 162.

11. Kazymyrenko, Y. A. (2014). The formation of constructions of floating composite structures for transportation and storage of radioactive cargo. Technology audit and production reserves, 6/5 (20), 7–9. doi: 10.15587/2312-8372.2014.31884

12. Baryshnikov, M. V. Hudjakov A. V., Ovsjannikov V. M., Shljachkov V. I. (2010). Perevozka OJaT morskim transportom. Bezopasnost' okruzhajushhej sredy, 1, 98–105.

13. Kazymyrenko, Y. (2013). The regularities of the formation of metal-glass materials and coatings with enhanced X-ray properties. Technology audit and production reserves, 6/2 (14), 45–55. Available at: <http://journals.uran.ua/tarp/article/view/19497/17165>

14. Kazymyrenko, Y. A., Shlapackaja V. V. (2015). Radiacionnaja stojkost' metallosteckljannyh pokrytij dlja plavuchih kompozitnyh sooruzhenij. Sudostroenie i morskaja infrastruktura, 1 (3), 111–121.

15. Kazymyrenko, Y. A., Fariyona, T. A., Kazymyrenko, S., A., Strelkovskij, D. E. (2014). Proektnaja ocenka tehničeskogo sostojanija sudovyh konstrukcij s ispol'zovaniem informacionno-poiskovyh sistem. Visnik NTU «HPI». Serija: Strategichne upravlinnja, upravlinnja portfeljami, programami ta proektami, 3 (1046), 60–64.

16. Litovchenko, S. V., Malyhina, T. V., Shpagina, L. O., Shpagina, V. O. (2011). Avtomatizacija analiza metallograficheskikh struktur. Visnik Harkivs'kogo nacional'nogo universitetu, 960, 215–223.

17. Ovechkin, M. I., Serdjuk, A. I. (2013). Primenimost' programmnyh kompleksov dlja rabot so snimkami k zadacham analiza rentgenogramm. Programmnye produkty i sistemi, 2, 2149–2253.

18. Mazur, I. I., Shapiro, V. D. (2003). Upravlenie kachestvom: uchebnoe posobie. Moscow: Vysshaja shkola, 339.

*Рекомендовано до публікації д-р тех. наук, професор Кошкін К. В.  
Дата надходження рукопису 24.07.2015*