

О. Б. ЗАЧКО, І. Г. ЗАЧКО

## МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ БЕЗПЕКО-ОРІЄНТОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ РОЗВИТКУ СКЛАДНИХ СИСТЕМ: МЕТОДОЛОГІЧНИЙ ПІДХІД

Пропонуються методи та моделі безпеко-орієнтованого управління проектами розвитку складних систем, отримані в результаті конвергенції існуючих підходів в проектному менеджменті на протидію механізмам ціннісно-орієнтованого управління. Розроблено когнітивну модель безпеко-орієнтованого управління проектами розвитку складних систем, яка дозволяє отримати синергетичний ефект, що полягає в переході системи з початкового (передпроектного) стану в оптимальний з точки зору безпеки життєдіяльності – післяпроектний стан.

**Ключові слова:** складні системи, безпеко-орієнтоване управління, методологія, когнітивна модель, безпека, аеропорт.

**Вступ.** Динаміка змін процесів та явищ в умовах турбулентних впливів на глобальну метасистему підвищує пріоритетність проблем забезпечення безпеки людини та навколишнього середовища на всіх рівнях ієрархії. Сучасні тенденції розвитку суспільства та прояви кризових явищ показали необхідність перезавантаження існуючих парадигм управління в проектному менеджменті на основі конвергенції методологій принципово нових підходів типу систем Kaizen та Kanban з механізмами нової методології безпеко-орієнтованого управління проектами розвитку складних організаційно-технічних систем [1-2]. В даному контексті безпеку можна розглядати як на стадії експлуатації продукту проекту, так і під час реалізації проекту. Що стосується другого випадку, то більшість критичних параметрів безпеки можна було б врахувати на стадіях планування та реалізації проекту. Існуючі механізми ціннісно-орієнтованого управління проектами не здатні в повній мірі забезпечити достатній рівень безпеки при реалізації проектів та експлуатації в подальшому системи-продукту проекту в галузях людської життєдіяльності, пов'язаних з високою ймовірністю виникнення нештатних ситуацій, кризових явищ, аварій та катастроф [3-4]. Полягає це насамперед в тому, що зацікавлені сторони проекту прагнуть в першу чергу отримати цінність від реалізації проекту, яка не завжди корелюється з достатнім станом безпеки на стадії експлуатації.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Чинні методології управління проектами такі як PMBOK, P2M, PRINCE2, стандарти IPMA та ISO не враховують такий компонент управління як безпека проекту. Це поняття опосередковано фігурує здебільшого як компонент цінності або якості проекту. Також відомі приклади розгляду компоненту безпеки проекту в розрізі галузі проектного менеджменту - управління ризиками [5].

Представлені в статті елементи теорії безпеко-орієнтованого управління проектами розвитку складних організаційно-технічних систем, пов'язані з існуючими галузями управління проектами такими як управління ризиками, управління якістю. Проте якість проекту – це суб'єктивна характеристика, яка не в повній мірі відображає сутність безпеки. Ризик в вузькому розумінні – це ймовірність настання

небажаної події в проекті. Аналізуючи більшість інформаційних ресурсів поняття ризику не виходить за межі тривалості проекту. Теорія ж безпеко-орієнтованого управління проектами розвитку складних організаційно-технічних систем передбачає забезпечення комплексу заходів на стадії планування проекту з метою забезпечення безпеки на стадії експлуатації продукту проекту, результату чи послуги.

**Мета статті.** Метою статті є узагальнення теоретико-прикладних положень безпеко-орієнтованого управління проектами розвитку складних систем на основі виокремлення нової галузі управління безпекою в проектному менеджменті. Досягається це шляхом уточнення різних підходів до управління проектами в умовах кризових явищ, надзвичайних ситуацій та катастроф з використанням конвергентних технологій, що формують нову теорію безпеко-орієнтованого управління проектами розвитку складних систем.

**Основна частина.** Методологія безпеко-орієнтованого управління проектами розвитку складних організаційно-технічних систем – це сукупність термінів, методів, механізмів та моделей управління безпекою в проектах, що досягається шляхом декомпозиції проблеми забезпечення безпеки в проектах на взаємозалежних ієрархічних рівнях безпеки оточуючого проектного середовища, безпеки команди проекту, продукту проекту та безпеки експлуатації на всіх стадіях життєвого циклу проекту (рис. 1).

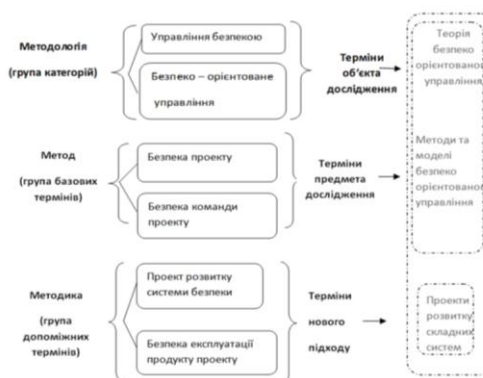


Рис. 1 – Модель опису семантичної мережі знань теорії безпеко-орієнтованого управління проектами

Модель семантичної мережі знань і її втілення у базі знань теорії безпеко-орієнтованого управління проектами розвитку складних систем – це ядро нової методології. В ході аналізу наукової літератури було вирішено розробити понятійно-орієнтовну модель знань [7-8]. Це означає, що ядром структури моделі є така сутність як поняття, предмет обговорення, деякий об'єкт з предметної області, яким в новій методології є знання. Загалом, управління безпекою проекту слід розглядати як окрему галузь в методології управління проектами, основним завданням якої є оцінка рівня безпеки проекту (рис. 2) [6].

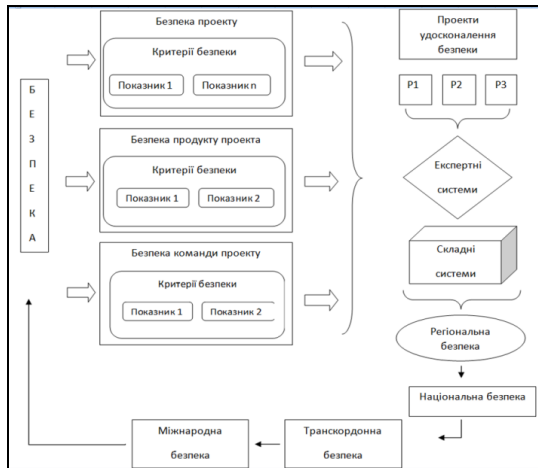


Рис. 2 – Інформаційна модель ієрархії компонентів теорії безпеко-орієнтованого управління

Сутність безпеко-орієнтованого управління проектами розвитку складних систем полягає в декомпозиції поняття безпеки як на ієрархічних рівнях складних систем (безпека проекту, безпека команди проекту, безпека продукту проекту), так і на рівні концепту «безпека» (регіональна безпека, національна безпека, транскордонна безпека, міжнародна безпека).

Першочерговою причиною виникнення проблеми управління безпекою виступає складність проекту, який реалізується з метою забезпечення безпеки складної організаційно-технічної системи. Складність проекту може бути пов'язана з складністю продукту проекту, який створюється в результаті виконання проекту. В будь-якому випадку існує необхідність формалізації компонентів безпеки в проекті, питанням якої практично ніхто не займався. Ця проблема відноситься до слабо формалізованих та слабо структурованих. Деякі підходи до формування холистичної цінності та її інтеграції між всіма зацікавленими сторонами проекту описані в праці [9], які можна застосувати в проблематиці безпеко-орієнтованого управління проектами розвитку складних систем з використанням конвергентного підходу в управлінні проектами.

Реалізуючи моделі, представлені на рис. 1 та рис. 2 розроблено когнітивну модель управління безпекою в проектах розвитку складних організаційно-технічних систем, яка дозволяє отримати синергетичний ефект, що полягає в переході системи з початкового (передпроектного) стану в оптимальний з точки зору безпеки життєдіяльності – післяпроектний стан (рис. 3).

На рис.3 використано такі позначення: *S* – складна організаційно-технічна система в передпроектний період функціонування; *B* – безпека проекту; *C* – стан безпеки; *E* – безпека зовнішнього середовища проекту; *K* – безпека команди проекту; *P* – безпека продукту проекту; *X* – безпека експлуатації продукту проекту; *i* – період життєвого циклу функціонування складної організаційно-технічної системи; *S'* – складна організаційно-технічна система в післяпроектний стан функціонування.

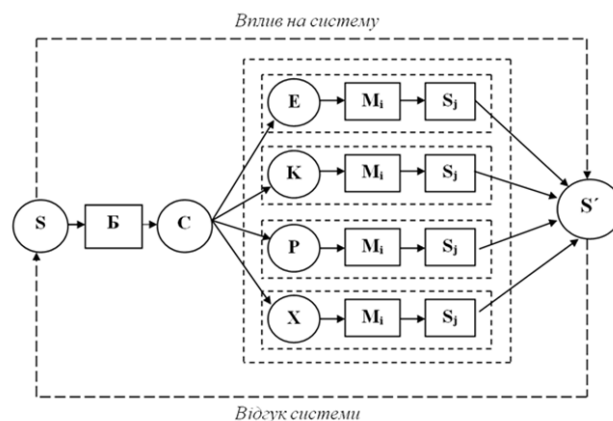


Рис. 3 – Когнітивна причинно-наслідкова модель управління безпекою в проектах розвитку складних організаційно-технічних систем

Відповідно представимо цільову функцію безпеко-орієнтованого управління проектами розвитку складних організаційно-технічних систем вигляду:

$$\Delta B = \left( \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^t \sum_{r=1}^s (E_i + K_j + P_k + X_r) \right) \rightarrow opt \quad (1)$$

$$E = \{E_1, E_2, \dots, E_j, \dots, E_N\}, i = \overline{1, N} \quad (2)$$

$$X = \{X_1, X_2, \dots, X_d, \dots, X_s\}, r = \overline{1, S} \quad (5)$$

$$K = \{K_1, K_2, \dots, K_x, \dots, K_M\}, j = \overline{1, M} \quad (3)$$

Обмеження функції мети безпеко-орієнтованого управління проектами розвитку складних організаційно-технічних систем представлені в табл. 1.

$$P = \{P_1, P_2, \dots, P_y, \dots, P_T\}, k = \overline{1, T} \quad (4)$$

Таблиця 1 – Обмеження цільової функції безпеко-орієнтованого управління проектами

Фаза життєвого циклу проекту	Напрями управління безпекою в проектах			
	Безпека зовнішнього середовища проекту Е	Безпека команди проекту К	Безпека продукту проекту Р	Безпека експлуатації продукту проекту Х
Ініціація $\Phi_0$	1	0	0	0
Планування $\Phi_1$	1	0	0	0
Реалізація $\Phi_2$	1	1	1	1
Експлуатація $\Phi_3$	1	0	1	1

У табл. 1: “1” означає, що напрям управління безпекою присутній на даній фазі життєвого циклу проекту, “0” – у протилежному випадку. Відповідно до цього математичну модель запишемо наступним чином:

$$\Delta B = \left( \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^l \sum_{r=1}^s (E_i + K_j + P_k + X_r) \right) \rightarrow opt \quad (6)$$

$$\begin{cases} \Phi_0 \in E \\ \Phi_1 \in E \\ \Phi_2 \in E \cup K \cup P \cup X \\ \Phi_3 \in E \cup P \cup X \end{cases} \quad (7)$$

Життєвий цикл проекту при безпеко-орієнтованому управлінні матиме наступний аналітичний запис:

$$t \in \Phi_0 \cup \Phi_1 \cup \Phi_2 \cup \Phi_3 \quad (8)$$

Синергія оптимальності стану складної організаційно-технічної системи при безпеко-орієнтованому управлінні проектами розвитку визначається:

$$opt \approx \frac{\partial S_{t+1}}{\partial S_t} \quad (9)$$

де  $S_{t+1}$  – стан складної організаційно-технічної системи в після проектний період;  $S_t$  – стан складної організаційно-технічної системи в передпроектний період.

Складність організаційно-технічної системи зумовлює проблему управління проектами, і відповідно складність проектів. Складні проекти – це проекти, які мають високий рівень невизначеності вхідних даних, значний рівень імовірності виникнення факторів ризику та необхідність застосування при реалізації проекту різних підходів і великої кількості фахівців в різних областях спеціалізації. При реалізації складних проектів слід враховувати:

- високий рівень невизначеності вхідних даних проекту, з чого випливає велика кількість шляхів досягнення мети проекту (результатів);
- високий ступінь впливу факторів ризику, що може привести до непередбачених результатів;
- необхідність залучення великої кількості фахівців з різних областей.

Розглянемо як приклад складної системи з масовим перебуванням людей аеропорт. Складна організаційно-технічна система аеропорту має яскраво виражену сезонну періодичність, оскільки найбільша кількість подорожей припадає на останні місяці літа і спостерігається також весняний пік (рис. 4). Подібні сезонні властивості характерні для багатьох інших складних організаційно-технічних систем, наприклад системи залізничних вокзалів в святкові та вихідні дні, завантаженість супермаркетів в новорічні свята, пікові навантаження в метро та міських транспортних систем. Теорія безпеко-орієнтованого управління проектами розвитку складних систем враховує ці сезонні фактори на фазі експлуатації складної організаційно-технічної системи. Це означає, що такі критичні параметри функціонування продукту проекту як пропускна здатність, пасажиропотік повинні моделюватися з врахування цієї нелінійної залежності.

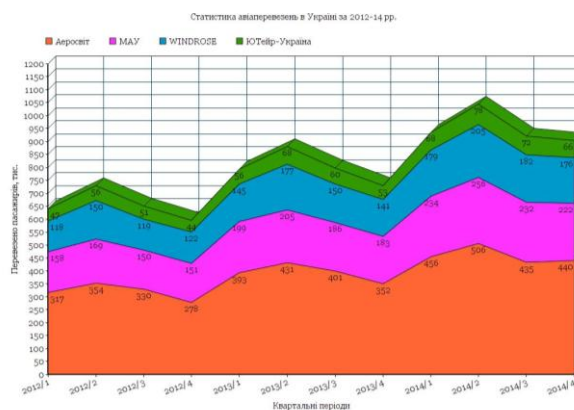


Рис. 4 – Динаміка статистики авіаперевезень в Україні

Фундаментальним свідченням сезонної складності в організаційно-технічних системах є подібність до них процесу спостережень, розділених інтервалом часу (періодом, сезонним лагом). При цьому припускаємо, що складна організаційно-технічна система містить сезонну складність з періодом, коли схожі властивості системи повторюються після базових часових інтервалів. Для складної організаційно-технічної системи опорний часовий інтервал дорівнює 1 місяцю, а період  $s = 12$  місяцям. Відомі також приклади інших сценаріїв для квартальних даних з сезонною періодичністю в межах року при умові, що базовий часовий інтервал дорівнює одному кварталу.

Саме конвергентні підходи уможливають врахування в когнітивній моделі управління безпекою в проектах параметрів складності, яку можна ідентифікувати формалізуючи її основні компоненти. Побудова моделей такого типу складних організаційно-технічних систем як засобу прогнозування може базуватися на підході, заснованому на модифікації відомих моделей авто регресії та ковзного середнього з допомогою так званих спрощуючих операторів, що враховують відому методологію аналізу часових рядів Бокса-Дженкінса. Представленням мультиплікативної моделі стану складної організаційно-технічної системи аеропорту, що вміщує сезонний компонент, є рівняння виду:

$$\Delta^d \nabla_s^p x(t) = (1 - \theta F_-) (1 - \theta^* F_-^s) \delta(t) \overset{\ominus}{\Rightarrow} \overset{\ominus}{\Rightarrow} \Delta^d \nabla_s^p x(t) = \delta(t) - \theta \delta(t-1) - \theta^* \delta(t-s) + \theta \theta^* \delta(t-s-1) \quad (10)$$

де  $x(t)$  – стаціонарна система пасажиропотоку аеропорту в момент часу  $t$ ;

$\ominus$  – послідовне виконання операторів перетворення часового ряду, зокрема:

$$\Delta^d = (1 - F_-)^d \text{ – оператор послідовних різниць;}$$

$\Delta$  і  $\nabla_s$  – оператори для усунення не стаціонарності часового ряду пасажиропотоку складної організаційно-технічної системи аеропорту;

$S^d = (1 - F_-)^{-d}$  – обернений оператор повернення до початкового стану системи;

$$1 - F_- \text{ – спрощуючий оператор;}$$

$\nabla_s = 1 - F_-^s$  – мультиплікативно спрощуючий оператор тимчасового вилучення з аналізованого стану складної організаційно-технічної системи сезонної складової, що має відомий період  $S$ ;

$$D \text{ – придатний ступінь;}$$

$-\theta_s^* F_-^s$  та  $-\theta_{s+1}^* F_-^{s+1}$  – члени оператора-полінома  $B_q(F_-, \theta)$ .

Відповідно до вище приведенного післяпроектний стан складної організаційно-технічної системи аеропорту можна визначити наступним чином:

$$x_d(t) = (1 - F_-)^d x(t) \quad (11)$$

Таким чином, мультиплікативна модель оцінки складності проекту враховує когнітивну модель управління безпекою, зокрема поняття післяпроектного стану складної організаційно-технічної системи.

Формалізуючи вище описане аналітично опишемо пасажиропотік складної організаційно-технічної системи аеропорту мультиплікативною моделлю  $(0,1,1) \times (0,1,1)_{12}$ :

$$\Delta \nabla_{12} x(t) = (1 - \theta F_-) (1 - \theta^* F_-^{12}) \delta(t) \overset{\nabla_s=1-F_-^s}{\Rightarrow} \Delta \nabla_{12} x(t) = \delta(t) - \theta \delta(t-1) - \theta^* \delta(t-12) + \theta \theta^* \delta(t-13) \quad (12)$$

де  $(p, d, q) = (0,1,1)$  – параметри моделі авторегресії та ковзного середнього;

$(P_s, D_s, Q_s) = (0,1,1)_{12}$ , зокрема:  $P_s$  – сезонний параметр авто регресії;  $D_s$  – сезонна різниця;  $Q_s$  – сезонний параметр ковзної середньої;  $s = 12$  – сезонний лаг.

Запропонований підхід уможливив врахування в імітаційних моделях життєвого циклу функціонування продукту складної організаційно-технічної системи сезонний компонент, моделюючи критичні точки функціонування систем з масовим перебуванням людей, що формує нову методологію безпеко-орієнтованого управління проектами, програмами та портфелями проектів з формалізацією елементів складності. Для здійснення експериментальної апробації створеної імітаційної моделі використано середовище Anylogic. Формалізувати мультиагентну модель життєвого циклу продукту інфраструктурного проекту можна наступним чином:

$$I = \langle \{A\}, \{P\}, \{Z\} \rangle \quad (13)$$

де  $\{A\}$  – множина агентів,  $\{P\}$  – проектне середовище,  $\{Z\}$  – зв'язки.

Кожен агент проектного середовища системи аеропорту «Львів» описується за допомогою множини чотирьох елементів:

$$A_i = \langle \{C_i\}, \{B_{xi}\}, \{B_i\}, \{\Pi_i\} \rangle \quad (14)$$

де  $C_i$  – початковий стан складної організаційно-технічної системи аеропорту,  $B_{xi}$  – вхідні фактори впливу на життєвий цикл функціонування системи,  $B_i$  – вихідний стан системи,  $\Pi_i$  – внутрішні процеси життєвого циклу функціонування системи.

**Висновки.** Розглянуто важливу науково-прикладну проблему безпеко-орієнтованого управління проектами розвитку складних систем на методологічному рівні. Розроблено когнітивну модель безпеко-орієнтованого управління проектами розвитку складних систем, яка дозволяє отримати синергетичний ефект, що полягає в переході системи з

початкового (передпроектного) стану в оптимальний з точки зору безпеки життєдіяльності – післяпроектний стан. Формалізовано поняття складності в складних системах, зокрема виділено сезонний компонент складності в системах з масовим перебуванням людей, який аналітично записано з використанням методології Бокса-Дженкінса.

**Список літератури:** 1. Tanaka, H. *Cross-cultural project management on major-sized global oil and gas plant projects* [Text] / H. Tanaka In D. I. Cleland L.R. Ireland (Eds), *Project manager's handbook – Applying best practices across global industries* pp.151-165. New York:McGraw-Hill. doi.org/10.1002/pmj.20028 2. Tanaka, H. (2013). *A viable system model reinforced by meta program management*. *Procedia - Social and Behavioural Sciences Journal*, 74, pp. 135-145; Elsevier. doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.03.017. 3. Бушueva Н. С. Модели и методы проактивного управления программами организационного развития [Текст] / Н. С. Бушueva. – К.: Наук. світ, 2007.–270 с. 4. Бушueв, С. Д. Генот методологий управления проектами как универсальная модель знаний [Текст] / С. Д. Бушueв, С. И. Неизвесный // Управление развитием складных систем. – 2013. – № 14. С. 15–17. 5. Ярошенко, Ф. Я. Антикризисное управление финансами в условиях неопределенности [Текст]: монография / Ф. А. Ярошенко, С. Д. Бушueв, Т. П. Богдан; Украинская ассоциация управления проектами. – К., 2012. – 167 с. 6. Зачко, О. Б. Методологичний базис безпеко-орієнтованого управління проектами розвитку складних систем [Текст] / О. Б. Зачко // Управління розвитком складних систем. – 2015. – № 23 (1). – С. 51–55. 7. Ярошенко, Ф. Я. Руководство инновационными проектами и программами на основе системы знаний P2M [Текст]: монография / Ф. А. Ярошенко, С. Д. Бушueв, Х. Танака – К.: Саммит-Книга, 2012. – 272 с. 8. Бушueв С. Д. Креативные технологии в управлении проектами и программами [Текст] / С. Д. Бушueв, Н. С. Бушueva, И. А. Бабаев и др. – К.: Саммит книга, 2010. – 768 с. 9. Чумаченко И. В. Формирование холистической ценности инновационных проектов и программ [Текст] / И. В. Чулаченко, Н. В. Доценко // Восточно-

Европейский журнал передовых технологий. – 2011. – № 5 (49). – Т. 1. – С. 14–16. doi.org/10.15587/1729-4061.

**References:** 1. Tanaka, H. (2007). Cross-cultural project management on major-sized global oil and gas plant projects. In D. I. Cleland & L.R. Ireland (Eds), *Project manager's handbook – Applying best practices across global industries*, 10, 151–165. doi.org/10.1002/pmj.20028 2. Tanaka, H. (2013). A viable system model reinforced by meta program management. *Procedia – Social and Behavioural Sciences Journal*, 74, 135–145. doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.03.017. 3. Bushueva, N. S (2007). *Modeli i metody proaktivnogo upravlenija programmami organizacionnogo razvitiya [Models and methods of proactive program management of organization development]*. Kiev: Nauk. svit, 270 [In Russian]. 4. Bushuev, S. D, & Neizvesnyj, S. I. (2013). *Genom metodologij upravlenija proektami kak universal'naja model' znanij [Methodology gene of project management us universal knowledge model]*. *Upravlinnja rozvitkom skladnih sistem*, 14, 15–17 [In Russian]. 5. Jaroshenko, F. A., Bushuev, S. D., & Bogdan, T. P. (2012). *Antikrizisnoe upravlenie finansami v uslovijah neopredelennosti [Crisis finance management in conditions of uncertainty]*. *Ukrainskaja asociacija upravlenija proektami*. Kiev, 167 [In Russian]. 6. Zachko, O. B. (2015). *Metodologichnij bazis bezpeko-orientovanogo upravlinnja proektami rozvitku skladnih sistem [Methodological basis of safety-oriented project management of development complex system]*. *Upravlinnja rozvitkom skladnih sistem*. 23, 1, 51–55 [In Ukrainian]. 7. Jaroshenko, F. A., Bushuev, S. D., & Tanaka, H. (2012). *Rukovodsvo innovacionnymi proektami i programmami na osnove sistemy znanij P2M [Government of innovation projects and programs based on knowledge system P2M]*. Kiev: Sammit-Kniga, 272 [In Russian]. 8. Bushuev, S. D, Bushueva, N. S., & Babaev, I. A et. al. (2010). *Kreativnye tehnologii v upravlenii proektami i programmami [Creative technologies in project and program management]*. Kiev: Sammit kniga, 768 [In Russian]. 9. Chumachenko, I. V., & Docenko, N. V. (2011). *Formirovanie holisticheskoj cennosti innovacionnyh proektov i programm [The formation of holistic values of innovation projects and programs]*. *Vostochno-Evropejskij zhurnal peredovyh tehnologij*, 5 (49), 1, 14–16. doi.org/10.15587/1729-4061.

Надійшла (received) 24.11.2015

#### Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

**Зачко Олег Богданович** – кандидат технічних наук, доцент, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, заступник начальника кафедри управління проектами, інформаційних технологій та телекомунікацій; тел.: (093) 422-20-00; e-mail: [zachko@ukr.net](mailto:zachko@ukr.net).

**Zachko Oleg Bogdanovich** – Candidate of Engineering Sciences (Ph. D), Docent, Lviv state university of life safety, Deputy Head of Department of Project Management, Information Technologies and Telecommunications; tel.: (093) 422-20-00; e-mail: [zachko@ukr.net](mailto:zachko@ukr.net).

**Зачко Ірина Григорівна** – аспірант, Львівський національний університет імені Івана Франка; тел.: (063) 626-26-62; e-mail: [iryna.zachko@ua.nestle.com](mailto:iryna.zachko@ua.nestle.com).

**Zachko Iryna Grygorivna** – Postgraduate Student, Ivan Franko National University of Lviv,; tel.: (093) 422-20-00; e-mail: [iryna.zachko@ua.nestle.com](mailto:iryna.zachko@ua.nestle.com).