

Отрох С. І. Державний університет телекомунікацій, Київ

Завгородній В. В., Завгородня Г. А. Державний університет інфраструктури та технологій, Київ

### АНАЛІЗ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ ЗБИТКУ З РИЗИКОМ ПРИ ВИНИКНЕННІ ТЕХНОГЕННИХ АВАРІЙ В КОНЦЕПЦІЇ ПРИЙНЯТНОГО РИЗИКУ

*Розглянуто методи оцінки збитку від виникнення техногенної аварії. При розгляді наслідків аварії враховується прямий, непрямий і відвернений збиток. Величина відверненого збитку дозволяє обґрунтувати прийняті заходи захисту і виконати оцінку ефективності витрат на них. Наводиться опис модуля експертної системи аналізу ризику для оцінки соціально-економічних збитків від виникнення техногенної аварії.*

**Ключові слова:** техногенна аварія, оцінка збитку, функція розподілу, карта ризику, прийнятний ризик, статистичний метод.

Otrokh S. I. State University of Telecommunications, Kyiv

Zavhorodnii V. V., Zavhorodnia H. A. State University of Infrastructure and Technology, Kyiv

### ANALYSIS OF INTERACTION OF RISK DAMAGE IN THE CASE OF TECHNOGENIC ACCIDENTS IN THE CONCEPT OF ACCEPTABLE RISK

*The methods of estimating the damage from the occurrence of an industrial accident considered. For the quantitative description of the consequences of an accident, the notion of damage is used, which is considered as an estimated, economic value, which is represented in value terms. The assessment of a loss involves determining its value in kind or in monetary terms. When considering the consequences of an accident, direct, indirect, complete, general and distorted damage is taken into account. The direct damage from an accident is determined by the cost of restoring the situation that existed prior to its occurrence. As an estimation of indirect damage an expert assessment in shares of direct damage is used without detail and analysis of individual components. The value of the distorted damage can justify the measures taken and evaluate the cost effectiveness of them. The description of the module of the expert system of risk analysis for the estimation of socio-economic losses from the occurrence of the technological disaster presented. It is emphasized the special importance of considering distributions in time or distant manifestations of damage for accidents related to the action on components of the environment.*

*Use to manage technological risks of set values of acceptable and unacceptable risks will allow: firstly, gradually level the level of technogenic safety on the territory of the country, reducing their spread, which is important from the point of view of social justice; secondly, to raise the safety level of the country population life in whole country by pulling-up less safe regions to the level of security in other more prosperous regions.*

**Keywords:** technogenic accident, damage estimation, distribution function, risk map, acceptable risk, statistical method

Отрох С. И. Государственный университет телекоммуникаций, Киев

Завгородний В. В., Завгородняя А. А. Государственный университет инфраструктуры и технологий, Киев

### АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗИ УЩЕРБА С РИСКОМ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ТЕХНОГЕННЫХ АВАРИЙ В КОНЦЕПЦИИ ПРИЕМЛЕМОГО РИСКА

*Рассмотрены методы оценки ущерба от возникновения техногенной аварии. При рассмотрении последствий аварии учитывается прямой, косвенный и предотвращенный ущерб. Величина предотвращенного ущерба позволяет обосновать принятые меры защиты и выполнить оценку эффективности затрат на них. Приводится описание модуля экспертной системы анализа риска для оценки социально-экономического ущерба от возникновения техногенной аварии.*

**Ключевые слова:** техногенная авария, оценка ущерба, функция распределения, карта риска, приемлемый риск, статистический метод.

## 1. Вступна частина

Загроза життєдіяльності людини від природних і техногенних небезпек реалізується у вигляді негативних дій [1], які можуть привести до аварій і катастроф на об'єктах техносфери. Ці події пов'язані в кількісному відношенні зі збитком, а в якісному – з надзвичайними ситуаціями техногенного, соціального і екологічного характеру на деякій території.

Згідно з представленнями, що встановилися, під збитком розуміються фактичні або можливі соціальні і економічні втрати в результаті негативної зміни стану об'єктів, що проявився в порушенні їх цілісності або погіршенні інших властивостей внаслідок деяких подій, явищ, дій (відхилення здоров'я людини від середньостатистичного значення: її хвороба або навіть смерть, порушення процесу нормальної господарської діяльності з втратою того або іншого виду власності та інших матеріальних або природних цінностей і так далі) а також погіршення середовища, що оточує людину [2].

Поняття "наслідки аварії" носить якісний, узагальнений неекономічний характер, тоді як поняття збитку – є кількісна, оцінна, економічна величина, яка повинна представлятися у вартісному вираженні. Іншими словами, збиток – це оцінені наслідки. Оцінка збитку полягає у визначенні його величини в натуральному або грошовому вираженні (економічна оцінка збитку).

У роботі [3] отримання оцінки наслідків аварії відбувається з використанням системи підтримки прийняття рішень, що дозволяє підвищити оперативність та точність оцінки ситуації. Оцінка ризику виникнення аварії на підставі методів теорії надійності та ймовірнісних методів розглядається в роботі [4] і реалізує стратегію управління ризиком, засновану на сучасних інформаційних технологіях.

У даній роботі розглядаються методи оцінки збитку від техногенної аварії, обґрунтованість прийнятих заходів захисту та оцінка ефективності витрат на них. Наводиться опис модуля експертної системи аналізу ризику для оцінки соціально-економічних збитків від виникнення техногенної аварії.

## 2. Визначення видів та основних чинників збитків

Розрізнятимемо методи оцінки збитку від гіпотетичної і реальної аварії. Якщо розглядається гіпотетична аварія, то про ці види збитку говорять як про передбачувані. Для різних сценаріїв розвитку надзвичайних ситуацій виходять різні значення збитку.

В силу впливу на розмір збитку великого числа випадкових чинників, в задачах прогнозу варто розглядати випадкову величину збитку  $W$ , яка описується функцією розподілу:

$$F(w) = P(W < w).$$

Визначення  $F(w)$  проводиться стандартними методами математичної статистики [5, 6].

Статистичні дані про збиток в реальних техногенних аваріях на деякому часовому інтервалі утворюють вибірку з деякої генеральної сукупності і описуються статистичною функцією розподілу. Внаслідок недостатнього об'єму зафіксованих статистичних даних про збитки від техногенних аварій, вид функцій розподілу  $F(w)$ , що описує величину збитку  $W$ , у тому числі їх праві частини, поки не встановлений.

Якщо йдеться про заходи захисту і оцінку ефективності витрат на захист, то усі види передбачуваного збитку, що не відбувся, будемо називати відверненими. Математично, відвернений збиток визначатимемо співвідношенням:

$$\Delta W = W_0 - W_1.$$

де:  $W_0$  – збиток до вжиття заходів захисту;  $W_1$  – збиток після вжиття заходів захисту.

При розгляді наслідків аварії розрізнятимемо прямий, непрямий, повний і загальний збиток.

До прямих втрат (збитку) відносять негативні наслідки дії вражаючих і шкідливих чинників (руйнування, ушкодження і тому подібне) на об'єкти природи і народного господарства (землю, людей, рослинний і тваринний світ, будівлі, споруди, устаткування, сировину, посіви, худобу і тому подібне), тобто усього того, що знаходиться в сфері інтересів (усвідомлених потреб) людини. Наслідки аварії є низкою послідовних взаємозв'язаних подій.

Число ланок в цьому ланцюзі може бути дуже велике. Вплив цих же наслідків на стан і функціонування інших об'єктів природи і народного господарства (що не піддалися прямій дії вражаючих чинників), відносять до непрямого збитку (втрат). У першому наближенні збиток від стихійного лиха або аварії дорівнює витратам на відновлення положення, що існувало до їх настання.

Таким чином, під прямим збитком в результаті техногенних аварій будемо розуміти втрати і збитки усіх об'єктів, важливих для життєдіяльності людини і потрапили в зону дії вражаючих і шкідливих чинників небезпечного явища. Вони складаються з:

- збитку здоров'ю людей;
- неповоротних втрат основних фондів;
- втрат оцінених природних ресурсів у сфері інтересів людини і збитків викликаних цими втратами;
- недобору підприємствами прибутку, а державою – податків, страхових виплат та ін.

Непрямий збиток від техногенних аварій – це втрати, збитки і додаткові витрати, які понесуть об'єкти, що не потрапили в зону дії негативних чинників небезпечного явища, викликані порушеннями і змінами в структурі господарських зв'язків інфраструктури, що склалася, а також втрати (додаткові витрати) викликані необхідністю проведення заходів з ліквідації наслідків аварії. Найчастіше в циклах генерування непрямого збитку проявляються усі групи наслідків. На рівні держави, регіонів і виробництв проявляється ланцюговий непрямий ризик, що зображується як "дерево ризиків" з кількістю циклів  $\rightarrow \infty$ . Практично, доцільним є облік не більше 6-10 циклів [7], оскільки аналіз послідовності взаємопов'язаних подій при виникненні техногенних аварій показує, що по мірі просування їх ланцюжком, по-перше, слабшає вплив початкової події, і, по-друге, зростають труднощі оцінки непрямого збитку.

Виходячи з цих міркувань, в якості оцінки непрямого збитку часто використовується експертна оцінка в долях від прямого збитку без деталізації і аналізу окремих складових.

Повний збиток є сумою прямого і непрямого збитків. Повний збиток визначається на конкретний момент часу і є проміжним, в порівнянні із загальним збитком, який визначиться кількісно у віддаленій перспективі [8]. Необхідність розгляду розподілених в часі або віддалених проявів збитку особливо важлива для аварій, пов'язаних з дією на компоненти оточуючого середовища. За об'єктом дії негативних чинників розрізнятимемо наступні види збитку:

– медико-біологічний – збиток, нанесений життю і здоров'ю конкретних людей. Визначається конкретними порушеннями для їх здоров'я, що призводять до скорочення середньої очікуваної тривалості майбутнього життя і, у результаті, до соціальних втрат [9];

– соціально-економічний – збиток, нанесений соціально-економічній системі. Включає: погіршення умов життєдіяльності людей; виплату компенсацій потерпілим; витрати на переселення людей; упущену вигоду від розірваних контрактів; порушення процесу нормальної господарської діяльності; втрату того або іншого виду власності і т. д.;

– екологічний – збиток, нанесений природному середовищу. Включає: погіршення природного середовища або витрати на його відновлення, втрату народногосподарської цінності територій або витрати на її реабілітацію та інші.

### 3. Оцінка та розрахунок збитків

Складність розрахунку збитку вимагає урахування специфіки вирішуваних з його допомогою завдань. Найчастіше вирішуються завдання обґрунтування здійснюваних заходів захисту і розмірів відшкодованого збитку.

Ризик обумовлений можливістю спричинення збитку в результаті реалізації загрози і проявляється, в тому числі, у виникненні техногенних аварій. При відомих частоті подій і збитку ризик від техногенних аварій оцінюється математичним очікуванням збитку за інтервал часу  $\Delta t$ :

$$M[W, t] = a_{TA}(t) \bar{W} = \sum_{j=1}^m a_{TA_j}(t) \bar{W}_j,$$

де:  $\overline{W} = \int_0^{\infty} wf(w)dw$  – середній збиток від техногенних аварій;

$\overline{W}_j = \int_{W_{TAj-1}}^{W_{TAj}} wf(w)dw$  – середній збиток від техногенних аварій  $j$ -го класу за ступенем тяжкості;

$a_{TA}(\Delta t) = \lambda_{TA}\Delta t$  – математичне очікування числа техногенних аварій за інтервал часу  $\Delta t$ .

Середній збиток від техногенних аварій можна встановити за статистичними даними [10]. Для рідкісних подій середній збиток можна оцінити за розрахунковими даними для різних сценаріїв ініціації і розвитку техногенних аварій і подальшого усереднювання з урахуванням вагів сценаріїв.

Оцінка ризику на деякій території зазвичай включає розрахунки можливого числа загиблих (потерпілих) людей і економічних втрат, які можуть бути викликані небезпечними явищами. Вона здійснюється на основі аналізу безпеки території, загроз для людей і об'єктів, їх уразливості і можливого збитку. Спочатку проводиться збір даних і складаються каталоги небезпечних явищ, які зустрічаються на території, що вивчається. Визначаються їх найбільш небезпечні типи, частоти прояву, фізичні параметри.

Потім складають карти природних і техносферних небезпек, реалізації небезпечних явищ фіксованої сили, що відбивають частоти. Залежно від цілей і завдань карти можуть мати масштаб від глобального до локального. Далі аналізується:

- відносно положення джерел безпеки і об'єктів;
- дії вражаючих і шкідливих чинників;
- уразливість середовища до небезпечних явищ різної руйнівної сили.

На уразливість середовища впливають захищеність і стійкість елементів техносфери (цивільних і промислових об'єктів житлових будівель, транспортних магістралей і так далі).

Аналіз (3) показує, що ризик оцінюється за показниками:

- безпеки;
- загрози;
- уразливості середовища при аваріях і можливих її наслідках.

Перераховані окремі показники і ризик, як їх інтегральне вираження, є характеристикою даної території і можуть бути відбиті на картографічній основі, що відображає території (ділянки) різної міри ризику.

Карти індивідуального ризику для населення представляють у вигляді ізоліній. Ізолінія – це лінія, що сполучає точки з рівними значеннями індивідуального ризику: кратними зазвичай  $10:10^7, 10^6, 10^5, 10^4, 10^3, 10^2$ .

За допомогою карт ризику можна вирішувати ряд практично важливих завдань управління ризиком і планування соціально-економічного розвитку регіону (області, району, міста):

- визначення ризику від окремих небезпек і інтегрального ризику для населення даної території;
- порівняння територій за безпекою життєдіяльності в інтересах раціонального розподілу ресурсів на зниження ризиків і пом'якшення наслідків техногенних аварій;
- виявлення територіальних зон, що знаходяться в області надмірного ризику для першочергового вжиття заходів захисту;
- віднесення об'єктів – джерел техногенної безпеки до числа об'єктів, що підлягають ліцензуванню і декларуванню промислової безпеки;
- аналіз структури ризику і виділення найбільш критичних складових;
- розподіл і нормування вимог до основних чинників, зокрема, рівнів стійкості і захищеності об'єктів, що забезпечують зниження рівня ризику до прийнятного рівня та ін.

Управління ризиками у рамках концепції прийнятного ризику здійснюється [11, 12] шляхом нормування з урахуванням економічних і соціальних чинників, рівнів прийнятного і знехтуваного ризиків порівняння фактичних ризиків зі встановленими рівнями і прийняття

рішення про проведення тих або інших заходів захисту, залежно від результату порівняння. Очевидно, що прийнятні значення пов'язані з рівнем соціально-економічного розвитку країни і для різних країн відрізняються.

З іншого боку, соціально-економічний розвиток країни і поетапна реалізація заходів захисту підвищує безпеку життєдіяльності. Це дозволяє призначати жорсткіші нормативи безпеки, тобто нижчі рівні прийнятного ризику.

#### 4. Експертна система аналізу ризику та оцінки збитків

Розглянутий вище метод оцінки збитків використаний у якості методичної основи розробленого модуля експертної системи аналізу ризику для оцінки соціально-економічних збитків при виникненні техногенних аварій. Даний модуль призначений для оцінки загальних соціально-економічних збитків, а саме витрат, пов'язаних із загибеллю людей, витрат на медичну реабілітацію, на виплату допомоги з тимчасової непрацездатності та виплату пенсій особам, які стали інвалідами (рис. 1). Модуль системи реалізує загальний графічний інтерфейс з набором підключених розрахункових методик та бази статистичних даних. Візуалізація результатів здійснюється на ситуаційному плані аварійної ситуації на автомобільній газозаправній станції. Використання даної системи дозволяє підвищити обґрунтованість прийнятих рішень в різних сферах безпеки об'єктів підвищеної небезпеки і зниження важкості наслідків аварій.

Поставимо завдання обґрунтувати рівні прийнятного і неприйнятного ризиків за складовою, обумовленою соціальними втратами в техногенних аваріях.

Ризик визначається статистичним або імовірнісним (з допомогою математичних моделей) методами. Оскільки по жертвах техногенних аварій є велика статистика, то природно скористатися статистичним методом, відповідно до якого ризик оцінюється за формулою:

$$Q_0(\Delta t) = N / n$$

де:  $n$  – число смертей в рік з даної причини;

$N$  – чисельність населення на даній території в оцінюваному році.

Оцінка соціально-економічних збитків		
<b>Витрати пов'язані із загибеллю людей:</b>		
З числа персоналу	2090000.00	грн.
Третіх осіб	134000.00	грн.
<b>Витрати на медичну реабілітацію:</b>		
З числа персоналу	925.00	грн.
Третіх осіб	1215.00	грн.
<b>Витрати на виплату допомоги з тимчасової непрацездатності:</b>		
З числа персоналу	5235.00	грн.
Третіх осіб	4356.00	грн.
<b>Витрати на виплату пенсій особам, які стали інвалідами:</b>		
З числа персоналу	418429.00	грн.
Третіх осіб	234900.00	грн.
<b>Всього соціально-економічні збитки</b>		<b>2889060.00 грн.</b>

Рис. 1. Модуль оцінки соціально-економічних збитків при виникненні техногенної аварії

Статистична невизначеність цієї оцінки характеризується відносною погрішністю:

$$\partial_Q = \frac{Z_T}{\sqrt{Q_0 N}},$$

де  $Z_T$  – квантіль нормального розподілу рівня  $Z$ .

Чим менше ризик  $Q_0(\Delta t)$  і об'єм спостережень  $N$  тим більше статистична погрішність.

Таким чином, для зниження статистичної погрішності оцінки індивідуального ризику слід збільшувати об'єм спостережень  $N$ . Об'єм спостережень може бути збільшений за рахунок збільшення інтервалу спостереження, тобто шляхом об'єднання статистик за ряд років.

При цьому зазвичай припускають, що умови реалізації техногенних аварій залишаються незмінними, тобто вибірки є однорідними і належать одній генеральній сукупності, що описується функцією розподілу негативних подій за збитком

$$F(w) = P(W < w).$$

## 5. Висновки

Використання для управління техногенними ризиками встановлених значень прийняттого і неприйняттого ризиків дозволить:

*по-перше*, поступово вирівнювати рівні техногенної безпеки на території країни, зменшуючи їх розкид, що важливо з точки зору соціальної справедливості;

*по-друге*, підвищувати рівень безпеки життєдіяльності населення країни в цілому по країні за рахунок "підтягування" менш безпечних регіонів до рівня безпеки в інших благополучніших регіонах. Це, до речі, є раціональнішим і з економічної точки зору, враховуючи відомий факт, що ефективність витрат на захист з ростом безпеки падає.

Таким чином, раціональна стратегія підвищення безпеки в країні на основі концепції прийняттого ризику повинна полягати в зниженні індивідуальних ризиків для життєдіяльності від певних причин за рахунок першочергового здійснення заходів захисту в найбільш небезпечних регіонах.

## Список використаної літератури

1. Гаврилова Т. А. Извлечение и структурирование знаний для экспертных систем / Т. А. Гаврилова, К. Р. Червинская. – Москва: Радио и связь, 1992. – 687 с.
2. Ярушек В. Е., Теоретические основы автоматизации процессов выработки решений в системах управления / В. Е. Ярушек, В. П. Прохоров, Б. Н. Судаков, А. В. Мишин. – Харьков: ХВУ, 1993. – 446 с.
3. Завгородній В. В. Метод подання знань про оцінку ризику виникнення техногенних аварій / В. В. Завгородній, Г. А. Завгородня // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2018. – Випуск 4 (111). – С. 31–37.
4. Дранишников Л. В. Анализ и оценка риска возникновения техногенных аварий с целью управления их безопасностью на основе информационных технологий / Л. В. Дранишников, В. В. Загородний // «Нові технології». – 2008. – №4 (22). – С. 119-129.
5. Рассел С. Искусственный интеллект: современный подход / С. Рассел, П. Норвиг. – Москва: «Вильямс», 2006. – 1408 с.
6. Потапов А. С. Искусственный интеллект и универсальное мышление / А. С. Потапов. – Санкт-Петербург: Политехника, 2012. – 711 с.
7. Захаров В. Н. Нечеткие модели интеллектуальных промышленных регуляторов и систем управления. Методология проектирования / В. Н. Захаров, С. В. Ульянов. // Техническая кибернетика. – 1993. – № 5 – С.197-220.
8. Sokolov A. Algebraic approach on fuzzy control / A. Sokolov // Proc. 14th triennial world congress IFAC. – Beijing (China). – 1999. – P. 219-224.
9. Mamdani E. H. Rull-based fuzzy approach to the control of dynamic processes / E. H/ Mamdani // IEEE trans. on comput. – 1981. – № 12. – P.432-440.
10. Henley E. J. Reliability engineering and risk assessment / Henley Ernest J., Hiromitsu Kumamoto // Prentice-Hall. – 1981, 568 p.
11. Pietersen C. M. Consequences of accidental releases of hazardous materials / C. M. Pietersen // Journal of loss prevention in the process industries. – 1991. – Vol. 4. – № 1. – P. 136-141.

12. Bridges J. W. The assessment of toxic hazards institution / J. W. Bridges // Chemical engineeres: Symposium series. – 1985. – № 93. – P. 413-428.

#### References (MLA)

1. Gavrilova T. A., and Chervinskaya K. R. *Extraction and Structuring of Knowledge for Expert Systems*. Moscow: Radio i svjaz', 1992. Print.
2. Yarushek V. E., Prokhorov V. P., Sudakov B. N., and Mishin A. V. *Theoretical Bases of Automation of Decision-Making Processes in Control Systems*. Khar'kov: KhVU, 1993. Print.
3. Zagorodniy V. V., and Zavgorodnia A. A. "Method of Presentation of Knowledge about the Risk Assessment of Technogenic Accidents", *Bulletin of the Kremenchug Mykhaylo Ostrohradsky National University* 4(111) (2018): 31-37. Print.
4. Dranishnikov L. V., and Zagorodniy V. V. "Analysis and Assessment of the Risk of Man-Made Accidents in Order to Manage Their Safety on the Basis of Information Technologies." *New Technologies* 4(22) (2008): 119-129. Print.
5. Russell S., and Norvig P. *Artificial Intelligence: a Modern Approach*. Moscow: Vil'yams, 2006. Print.
6. Potapov A. S. *Artificial Intelligence and Universal Thinking*. Sankt-Peterburg: Politekhnik, 2012. Print.
7. Zakharov V.N., and Ulyanov S.V. "Fuzzy Models of Intelligent Industrial Controllers and Control Systems: Design Methodology." *Tekhnicheskaya kibernetika* 5 (1993): 197-220. Print.
8. Sokolov A. "Algebraic Approach on Fuzzy Control." *Proc. 14th Triennial World Congress IFAC, Beijing (China)* (1999): 219-224. Print.
9. Mamdani E. H. "Rull-based Fuzzy Approach to the Control of Dynamic Processes." *IEEE Trans. on Comput.* 12 (1981): 432-440. Print.
10. Ernest J. Henley, and Hiromitsu Kumamoto. *Reliability Engineering and Risk Assessment*. Prentice-Hall, 1981. Print.
11. Pietersen C. M. "Consequences of Accidental Releases of Hazardous Materials." *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 4(1) (1991): 136-141. Print.
12. Bridges J. W. "The Assessment of Toxic Hazards Institution." *Chemical Engineeres: Symposium Series* 93 (1985): 413-428. Print.

#### Автори статті

**Отрох Сергій Іванович** – доктор технічних наук, завідувач кафедри мобільних та відеоінформаційних технологій, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна. Тел.: +380 (66) 981 24 39. E-mail: 2411197@ukr.net.

**Завгородній Валерій Вікторович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри інформаційних технологій, Державний університет інфраструктури та технологій, Київ, Україна. Тел.: +380 (98) 668 38 66. E-mail: zavgorodniivalerii@gmail.com.

**Завгородня Ганна Анатоліївна** – старший викладач кафедри інформаційних технологій, Державний університет інфраструктури та технологій, Київ, Україна. Тел.: +380 (97) 042 77 24. E-mail: annzavgorodnya@gmail.com.

#### Authors of the article

**Otrokh Serhii Ivanovych** – doctor of sciences (technic), head of mobile and videoinformation technologies department, State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine. Tel.: +380 (66) 981 24 39. E-mail: 2411197@ukr.net.

**Zavhorodnii Valerii Viktorovych** – candidate of sciences (technic), associate professor of information technologies department, State University of Infrastructure and Technologies, Kyiv, Ukraine. Tel.: +380 (98) 668 38 66. E-mail: zavgorodniivalerii@gmail.com.

**Zavhorodnia Hanna Anatoliivna** – senior teacher of information technologies department, State University of Infrastructure and Technologies, Kyiv, Ukraine. Tel.: +380 (97) 042 77 24. E-mail: annzavgorodnya@gmail.com.

Дата надходження  
в редакцію: 16.03.2018 р.

Рецензент:  
доктор технічних наук, професор Л. Н. Беркман  
Державний університет телекомунікацій, м. Київ,