

# **НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАЦІОНАЛЬНОЇ ГВАРДІЇ УКРАЇНИ**

**“Застосування інформаційних технологій  
у підготовці та діяльності сил охорони правопорядку”**

**Збірник тез доповідей  
Міжнародної науково-практичної конференції  
Частина 2**



*15-16 березня 2017 року*

*м. Харків*

**Організатори конференції** – Національна академія Національної гвардії України, кафедра інформатики та прикладних інформаційних технологій Національної академії Національної гвардії України.

### **Організаційний комітет конференції**

**Голова** – **Морозов О.О.**, доктор технічних наук, професор, головний науковий співробітник Науково-дослідного центру службово-бойової діяльності Національної академії Національної гвардії України.

**Заступник голови** – **Іохов О.Ю.**, кандидат технічних наук, с.н.с., доцент, начальник кафедри інформатики та прикладних інформаційних технологій Національної академії Національної гвардії України.

**Відповідальний секретар** – **Луговська Т.П.**, начальник кабінету кафедри інформатики та прикладних інформаційних технологій Національної академії Національної гвардії України (739-26-89, 4-89).

### **Члени організаційного комітету:**

**Живицька О.М. (Живицкая Е.Н.)**, кандидат технічних наук, доцент, проректор з навчальної роботи і менеджменту якості Білоруського державного університету інформатики та радіоелектроніки, м. Мінськ, Республіка Білорусь;

**Железко Б.А.**, кандидат технічних наук, доцент, завідуючий кафедрою економічної інформатики Білоруського державного економічного університету, м. Мінськ, Республіка Білорусь;

**Красовський Є. (Krasowski E.)**, доктор наук, професор, керівник секції відділу Польської академії наук, м. Люблін, Польща;

**Собчук Г. (Sobczuk H.)**, доктор наук, професор, директор представництва Польської академії наук, м. Київ;

**Семенець В.В.**, доктор технічних наук, професор, ректор Харківського національного університету радіоелектроніки (ХНУРЕ), м. Харків;

**Прасол І.В.**, доктор технічних наук, професор, професор кафедри ХНУРЕ;

**Кобзєв В.Г.**, кандидат технічних наук, с.н.с., доцент кафедри ХНУРЕ;

**Козлов В.Є.**, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інформатики та прикладних інформаційних технологій Національної академії Національної гвардії України, м. Харків;

**Новикова О.О.**, доцент кафедри інформатики та прикладних інформаційних технологій Національної академії Національної гвардії України (739-26-89, 4-89).

**Адреса організаційного комітету:** 61001, м. Харків, майдан захисників України, 3, Національна академія Національної гвардії України, науково-організаційний відділ.

**Телефон:** 8-057-739-26-89.

**Електронна адреса:** nanguki@ukr.net.

Тези доповідей опубліковано в авторській редакції, мовою оригіналу.

Відповідальність за фактичні помилки, зміст і достовірність інформації та точність викладених фактів несуть автори.

© Національна академія Національної гвардії України, 2017

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТНОЇ ЛОГІСТИКИ НА ПРИКЛАДІ ЗАДАЧІ КОМІВОЯЖЕРА

В області транспорту ГІС вже давно показали свою ефективність завдяки можливості побудови оптимальних маршрутів як для окремих перевезень, так і для цілих транспортних систем, в масштабі окремого міста або цілої країни. При цьому можливість використання найбільш актуальної інформації про стан дорожньої мережі та пропускної здатності дозволяє будувати дійсно оптимальні маршрути [1].

Одна з найвідоміших і важливих завдань транспортної логістики (і класу задач оптимізації в цілому) – задача комівояжера (англ. «Travellingsalesmanproblem», TSP).

Задача комівояжера може застосовуватися для знаходження найвигіднішого маршруту, що дозволяє комівояжеру об'їхати певні міста зі своїм товаром по одному разу і повернутися у вихідну точку. Мірою вигідності маршруту буде мінімальний час, проведений в дорозі, мінімальні витрати на дорогу або, в найпростішому випадку, мінімальна довжина шляху.

Відомі методи розв'язання поділяють на дві групи, що можна комбінувати:

1. Точні методи: метод гілок і меж.
2. Евристичні методи: повний перебір або метод «грубої сили»; випадковий перебір; жадібний алгоритм (метод найближчого сусіда, метод включення найближчого міста, метод найдешевшого включення); метод мінімального кістякового дерева (дерева'яний алгоритм); метод імітації відпалу; мурашиний алгоритм.

Всі ефективні (скорочуючі повний перебір) методи розв'язання задачі комівояжера – евристичні методи, що в загальному випадку, не гарантують точності знайдених розв'язків.

На рисунку приведена узагальнююча схема переваг та недоліків точних і евристичних методів вирішення задачі комівояжера. Отже, розв'язок задачі комівояжера одним із точних методів



гарантовано в результаті знайде оптимальний шлях, але на це рішення буде витрачено дуже багато часу. На відміну від точних методів, евристичні приведуть лише близько до найкращого вибору, але витратять на це рішення набагато менше часу. Такі методи

вирішення задачі комівояжера прийнято комбінувати аби досягти найоптимальнішого результату.

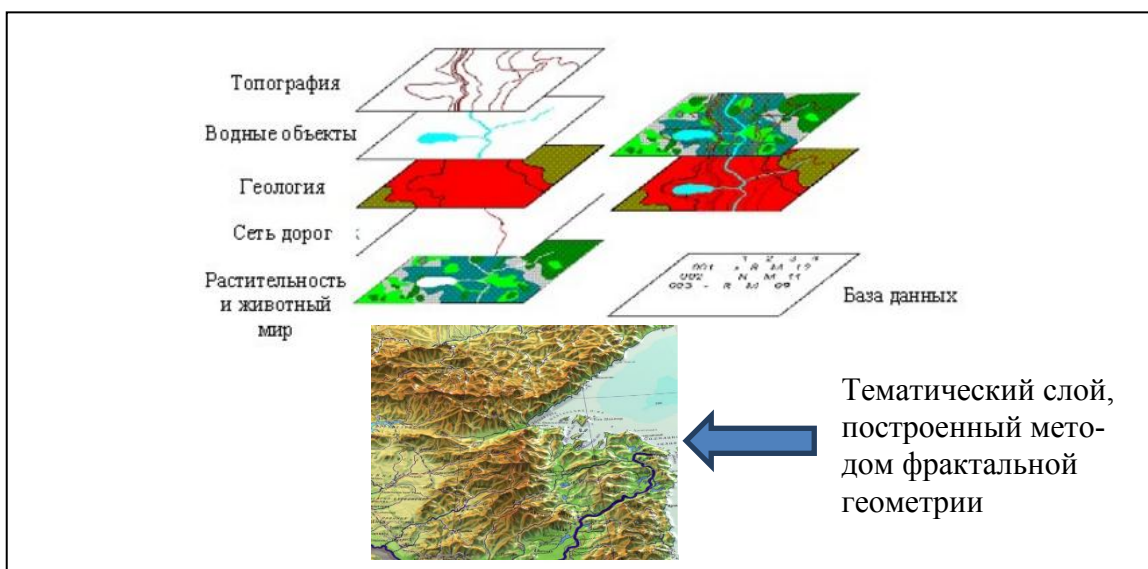
### Список використаних джерел

1. Сизоненко, В.В. Тенденції розвитку управління дорожнім господарством на основі новітніх світових геоінформаційних технологій [Текст] / В.В. Сизоненко, Л.Л. Рибіцький // Дорожня галузь України. – 2008. – №3.

**Метешкин К.А., Сорока О.В.**

### ГИПОТЕЗА ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ФРАКТАЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ ПРИ ПОСТРОЕНИИ ТРЕХМЕРНЫХ ТЕМАТИЧЕСКИХ СЛОЕВ В БАЗЕ ГЕОДАНЫХ

С развитием и углубленным изучением разных отраслей науки растет спрос на использование новых методов работы, которые способны оптимизировать технических средств и деятельность человека в целом. Геоинформационные системы (ГИС) не стали исключением. В настоящее время ведутся работы по интеллектуализации решения пространственно-распределенных задач. Высокие требования к интеллектуализации решения подобных задач, обуславливают необходимость модернизации методик построения баз геоданных. Известно, что основным принципом организации базы геоданных является послойное представление в ней информации. Кроме того, используются векторный и растровый методы представления карт, которые имеют, как достоинство, так и недостатки. Одним из недостатков растрового метода представления географической информации является большое количество памяти, необходимой для отображения географических карт. Для уменьшения памяти при построении карт местности предлагается использование фрактального метода представления географической информации. Кроме того, реализация фрактального метода при построении одного из тематических слоев базы геоданных (див. рисунок) позволит использовать идею дробных пространств Хаусдорфа – Безиковича, в котором можно будет размещать атрибутивные данные, реализованные геометрическими примитивами: точка, линия, полигон (контур), пиксел, ячейка, поверхность, тело.



Таким образом, предлагается для построения трехмерного топологического слоя базы геоданных использовать математическую модель дробного пространства Хаусдорфа – Безиковича.

**Белокурський Ю.П., Іохов О.Ю., Козлов В.Є., Щербина О.О.**

## **ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНЮВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ОБСТАНОВКИ ДЛЯ ПІДРОЗДІЛІВ ТАКТИЧНОЇ ЛАНКИ НАЦІОНАЛЬНОЇ ГВАРДІЇ УКРАЇНИ**

Забезпечення заходів радіоелектронної боротьби (РЕБ) при виконанні службово-бойових завдань (СБЗ) потребує наявності документи, перелік яких визначено у вітчизняних та зарубіжних військових уставах та настановах: карта оцінки електромагнітної обстановки (ЕМО); перелік радіоелектронних засобів (РЕЗ); каталог норм частотно-територіального рознесення РЕЗ; базова модель радіоелектронного придушення (РЕП); посібник з організації захисту РЕЗ і засобів радіозв'язку тощо.

Заходи РЕБ при виконанні СБЗ підрозділами НГУ мають відмінності від забезпечення дій підрозділів ЗСУ, які пов'язані з розмірами операційного району і особливостями динаміки виконання СБЗ. Для прийняття рішення на виконання заходів РЕБ необхідні характеристики ЕМО, які визначають на карті, що є довідковим документом з питань забезпечення електромагнітної сумісності (ЕМС) РЕЗ. На карту наносять умовні позначення місць розгортання РЕЗ, їх характеристики, що впливають на ЕМС, графіки завантаженості радіочастотного спектру із зазначенням рівня сигналів і часу роботи, перелік постійно заборонених і робочих частот, виміряні величини напруженості електромагнітного поля (ЕМП) в зонах покриття службового і мобільного зв'язку.

Базова модель захисту РЕЗ – основний довідковий документ з питань захисту від радіоперешкод, що містить дані про розміщення сил і можливості засобів радіопридушення протиборчої сторони.

Каталог РЕЗ – довідковий документ з питань забезпечення ЕМС РЕЗ, що містить перелік РЕЗ, що функціонують в позиційному районі, їх належність, позивні, координати розташування, тип, а також основні характеристики, що впливають на сумісність: діапазон робочих частот, потужність радіопередавальних пристроїв (РПУ), ширина спектра випромінюваного сигналу, чутливість приймачів і ширина смуги пропускання, типи антенно-фідерних пристроїв і їх основні характеристики (діаграма спрямованості, коефіцієнт підсилення).

Придушення і захист РЕЗ проявляються в єдності та протилежності, тісно переплітаються з питаннями радіорозвідки, активного маскування, забезпечення ЕМС, а їх апаратне забезпечення частково складається з однакових типових засобів.

У доповіді розглянуті питання застосування виробів Ні-Теск подвійного призначення для цілей захисту зв'язку і РЕБ. Приведена номенклатура засобів для оцінювання ЕМО, їх метрологічні характеристики. Визначені можливості метрологічного дослідження характеристик імпровізованих антен та засобів вимірювання в державних метрологічних установах, порівнюються класичні і альтернативні площадки для вимірювань. Обговорюються приклади програмного забезпечення для перспективної системи підтримки прийняття рішень.

**Сало К.О.**

## **АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПОВІРКИ ГЕОДЕЗИЧНИХ ПРИЛАДІВ НА ПРОФІЛЮЮЧІЙ КАФЕДРІ**

В Харківському національному університеті міського господарства ім. О.М. Бекетова на кафедрі земельного адміністрування та геоінформаційних систем налічується велика база геодезичних приладів, яким потрібно робити повірки.



Приладами користується великий потік студентів, як на аудиторних заняттях, так і під час літньої практики, тому прилади можуть виходити з ладу. На перевірки виділяється мала кількість коштів і їх доводиться виконувати власноруч працівникам навчальної лабораторії.

Щоб не завадити навчальному процесу слід завчасно проводити перевірку та юстировку приладів. Для того, щоб зекономити час, цей процес можна автоматизувати. Кафедра забезпечена програмним продуктом ERwin (BPwin), який дозволяє створити модель будь-якого процесу. В цій програмі будуються діаграми процесів та ресурси, які потрібні для їх виконання.

Моделювання розподіляється на 4 етапи:

- 1) побудова моделі припускає наявність де-яких знань про об'єкт оригінал;
- 2) етап: модель виступає як самостійний об'єкт дослідження;
- 3) етап: здійснюється перенесення знань з моделі на оригінал;
- 4) етап: перевірка отриманих за допомогою моделей знань та їх використання для подальшого дослідження об'єкту оригіналу [1].

Програма ERwin (BPwin) дозволяє створити процес, головна мета якого буде зображена на контекстній діаграмі. В свою чергу головний процес можна розбити на підпроцеси – це буде першим рівнем декомпозиції, їх має бути мінімум 4. Потім кожен процес першого рівня розбивається на підпроцеси, що є другим рівнем декомпозиції, їх також повинно бути не менше чотирьох [1].

Створювати діаграми можна за 3-ма функціональними стандартами моделювання:

- IDEF0 – відображає функцію процесів;
- DFD – відображає потоки даних;
- IDEF3 – відображає послідовність процесів та показує логіку взаємодії елементів системи.

Створювати діаграми за стандартами DFD та IDEF3 неможливо без повної декомпозиції процесу за стандартом IDEF0. [1]

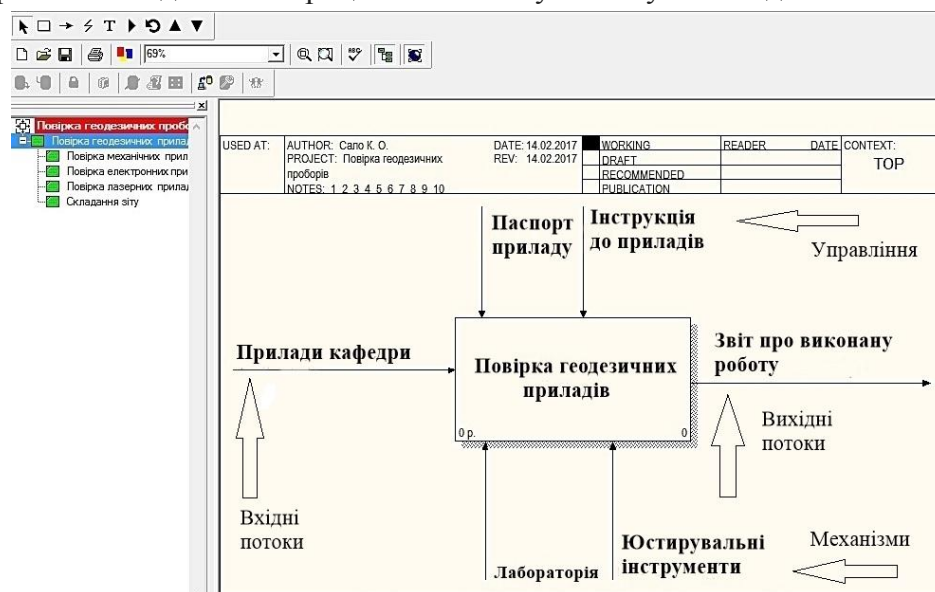
На рисунку зображено контекстну діаграму процесу «Певірка геодезичних приладів», яку створено в програмі ERwin.

Далі починаємо декомпозицію. На першому рівні буде відображено 4 боки:

1. Певірка механічних приладів.
2. Певірка електронних приладів.
3. Певірка лазерних приладів.
4. Складання звіту.

Всі стрілки які підведені на контекстній діаграмі будуть задіяні на діаграмі першого рівня декомпозиції, але до кожного блоку йтимуть свої стрілки. До блоку може відноситися одна або декілька стрілок (вони можуть розгалужуватися).

Процеси 1-го та подальших рівнів повинні мати ієрархічну систему



Таким чином, з метою удосконалення процесу повірки геодезичних приладів запропоновано використовувати програму ERwin (BRwin), що забезпечить більш якісну підготовку приладів до занять.

### Список використаних джерел

1. Творошенко І. С. Основи моделювання складних систем / І. С. Творошенко. – Х.: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2015. – 67 с.

**Морозов О.О.**

### ІНФОРМАЦІЙНА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ РЕМОНТУ ОЗБРОЄННЯ І ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ОПЕРАЦІЙ (БОЙОВИХ ДІЙ)

Для формалізації механізмів формування та перетворення інформаційних потоків у системі ремонту (СР) озброєння і військової техніки (ОВТ) необхідно мати інформаційну модель, яка б спиралась на ключові фактори, тобто модель на рівні загальної теорії систем.

Таке представлення інформаційної моделі СР дозволяє здійснити структурування задач досліджень щодо інформатизації процесів управління нею, встановити зв'язки її внутрішніх та зовнішніх факторів та параметрів, що впливають на ефективність ремонту ОВТ.

З урахуванням особливостей функціонування і складу такої системи, її інформаційну модель  $S$  можна представити у вигляді системи із зворотним зв'язком:

$$S \subset (X \times \tilde{Q}_x) \times (Y \times \tilde{Q}_y), \quad S_t^p = \{(x_t, y_t) : (\exists f) \times (y_t = \rho_t(z_t, x_t))\}, \quad (1)$$

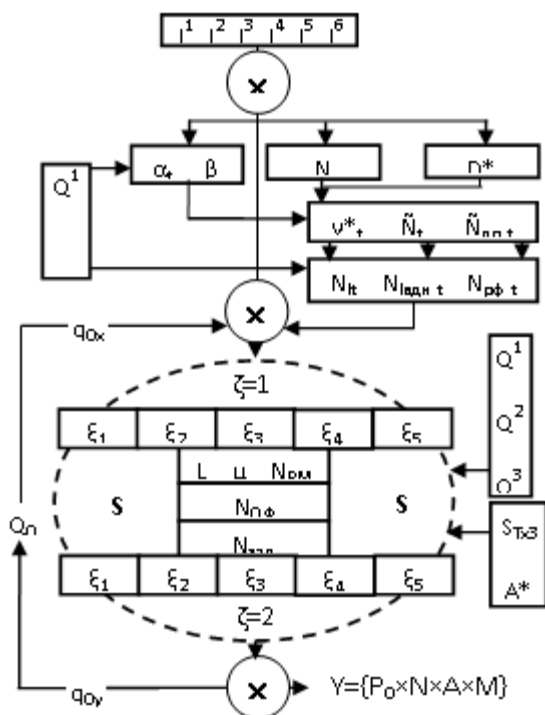
де  $X$  - множина вхідних змінних;  $Y$  - множина вихідних змінних;  $\tilde{Q}_x, \tilde{Q}_y$  - множини елементів зворотного зв'язку;  $\rho_t$  - реакція системи в момент часу  $t, t \in T, \rho_t : S_t \times X_t \rightarrow Y_t; s$  - елемент множини об'єктів системи ремонту  $S = \{s_t : t \in T\}; T$  - тривалість проведення спеціальної операції (бойових дій);  $\times$  - символ декартового перемноження.

Для встановлення залежності між виходом  $Y$ , входом  $X$  та множиною об'єктів системи ремонту  $S$  як інформаційну модель СР ОВТ доцільно використовувати так звану кібернетичну систему (див. рисунок).

Множина вхідних змінних включає наступні складові:

$$X = \{J^1, J^2, J^3, J^4, J^5, J^6; Q^0, Q^1, Q^2, Q^3, Q^4, Q^5; T; D^*; A^*, M^*; S\}, \quad (2)$$

де  $J^1$  - склад сил та засобів противника і побудова його бойових порядків;  $J^2$  - оперативний задум;  $J^3$  - бойовий склад своїх військ;  $J^4$  - порядок побудови та структура своїх військ;  $J^5$  - парк зразків ОВТ;  $J^6$  - характеристики зразків ОВТ;  $Q^0$  - потоки ОВТ на відновлення (ремонт) у ремонтних органах (РМО);  $Q^1$  - технічні характеристики ОВТ;  $Q^2$  - експлуатаційні характеристики ОВТ;  $Q^3$  - транспортна інфраструктура у районі



службово-бойового призначення (РСБП) військ;  $Q^4$  - порядок планування, управління та взаємодії РмОр;  $Q^5$  - економічні показники на всіх рівнях організаційної структури СР ОВТ;

$D^*$  - рівень укомплектованості військ ОВТ, що вимагається;  $A^*$  та  $M^*$  - показники автономності та мобільності СР ОВТ, що вимагаються.

Параметри  $Q^1, Q^2, Q^3, A^*$  та  $M^*$  впливають на множину елементів СР  $Z$  безпосередньо, а інші елементи множини  $X$  - через парк ОВТ  $N$ , який можна представити як сукупність зразків ОВТ, що входять до складу бойових підрозділів  $N^1$  та підрозділів забезпечення  $N^2$  (в першу чергу підрозділів технічного забезпечення  $S_{ТХЗ}$ ). Такий розподіл техніки важливий, бо при проведенні спеціальної операції (бойових дій) в першу чергу повинні відновлюватися несправні зразки ОВТ бойових підрозділів.

Кількість та номенклатура ОВТ визначається показниками  $J^5$  та  $J^6$ . Враховуючи, що значення  $N$  є ще функцією векторів  $J^3$  та  $J^4$ , парк ОВТ можна охарактеризувати залежністю:

$$N = f_1(J^3, J^4, J^5, J^6, S_{ТХЗ}), \quad (3)$$

де  $f...$  - функція перетворення.

У будь-який момент часу  $t, t \in T$ , парк ОВТ внаслідок впливу факторів ураження зброї противника та експлуатаційних відмов буде відрізнятися від вихідного складу парку  $N$  і складе  $\tilde{N}_t$ . Причому, на місці застосування за призначенням у працездатному стані буде знаходитись тільки деяка частина від  $\tilde{N}_t$ , яку позначимо  $\tilde{N}_{прt}$ , що обумовлено необхідністю відновлення несправних зразків ОВТ у продовж  $T$ .

Позначивши через  $P_0$  ймовірність знаходження ОВТ до моменту часу  $t, t \in T$ , на місці застосування у працездатному стані, множину вихідних змінних в моделі (див. рисунок) можна представити у вигляді:

$$Y = \{P_0 \times N \times A \times M\}. \quad (4)$$

Вплив виходу на вхід ТРСР ОВТ здійснюється через елементи зворотного зв'язку  $Q^0$ , які повинні характеризувати рівень досягнення системою своєї цілі, визначеної як відповідність рівня укомплектованості військ ОВТ  $D_t^*$ , що вимагається, значенню укомплектованості ОВТ  $D_t$  для кожного часу  $t, t \in T$ . З аналізу особливостей функціонування СР ОВТ слідує, що  $D_t^* : [(D_t^*)(J^1, J^2, J^3)]$ . Тоді, враховуючи залежність (2), вираз для визначення  $D_t^*$  можна представити у вигляді:

$$D_t^* = f_2(J^1, J^2, J^3, J^5, J^6, D^*). \quad (5)$$

Так як з цілі функціонування СР слідує, що  $D_t^* \sim [(P_{0t}^* \times N_t^* \rightarrow P_{0t} \times N_t) \geq 0]$ , то досягти системою своєї цілі при  $P_{0t}^* \times N_t^* < P_{0t} \times N_t$  можна зростанням або значення  $N_t$ , або  $P_{0t}$ . Отже необхідно, щоб  $Q_x^0 : [(Q_x^0)(\text{var } N_t; \text{var } P_{0t})]$ . Зростання  $P_{0t}$  можливе тільки за рахунок поповнення із запасів  $N_{зап}$ . Зміна  $P_{0t}$  може досягатися впливом на будь-який з елементів  $Q^0, Q^1, Q^2, Q^3$  та  $Q^4$  при сполученні заданих параметрів множини  $X$ , які вимагається, та фіксованому значенні  $N_t$ , що визначається в умовах проведення спеціальної операції (бойових дій) втратами ОВТ.

Отже пропонується інформаційна модель системи ремонту ОВТ дозволяє встановлювати зв'язки вхідних  $X$  та вихідних  $Y$  змінних, множину зовнішніх та внутрішніх факторів, що впливають на формування та обґрунтованість управлінських рішень. Крім того, модель допускає, що деякі її елементи можуть змінювати свій стан впродовж часу.



## СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ СЛУЖБОВО-БОЙОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Моніторинг службово-бойової діяльності (СБД) у відкритих джерелах частіше за все розглядається з точки зору психологічної адаптації та відбору, питання яких достатньо глибоко досліджені в нашій Академії.

З точки зору процедури збирання і аналізу даних моніторинг будь-якого досліджуваного об'єкту практично не відрізняється від технічної діагностики, що передбачає неперервний процес збирання і аналізу інформації про значення діагностичних параметрів стану об'єкта.

Розрізняють моніторинг параметрів (накопичення сукупності їх вимірних значень) і моніторинг стану як спостереження за об'єктом для визначення і передбачення моменту переходу в граничний стан; припускається наявність інтерпретатора вимірних параметрів в термінах стану, тобто наявність експертної системи підтримки прийняття рішень про стан об'єкта та подальше управління. Зрозуміло, що моніторинг стану неможливий без моніторингу параметрів.

Виходячи з викладеного, можна розглядати моніторинг як складну систему (рис. 1), елементами якої є система спостереження, реєстрації та збереження (ССРЗ) оцінених (вимірних) ознак опосередкованих та/ або явних (параметрів) об'єкта моніторингу будь-якої предметної галузі, система визначення стану об'єкта (СВСО) і система прогнозування стану об'єкта (СПСО); результати моніторингу подаються особі, що приймає рішення (ОПР).

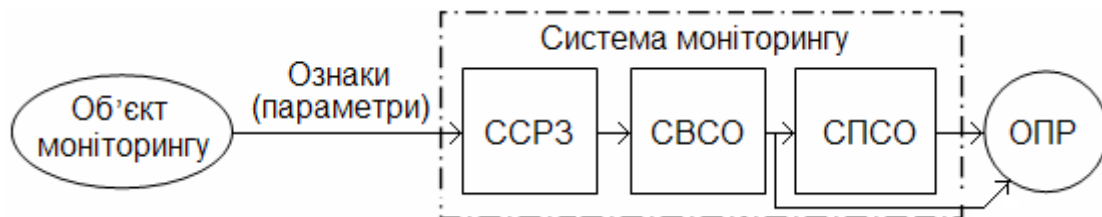


Рисунок 1 – Система моніторингу стану об'єкта

Побудова системи моніторингу службово-бойової діяльності з використанням сучасних інформаційних технологій передбачає наявність моделі СБД, що розробляється, та застосовуваних на практиці для вирішення завдань відбору фахівців ССРЗ і СВСО. Лінійний характер зміни у часі ступеню підготовленості окремих осіб та/ або підрозділу до СБД дозволяє використовувати для прогнозування можливості додатка Microsoft Excel.

Одейчук А.Н., Одейчук Н.П., Горелишев С.А., Баулін Д.С., Манжура С.В.

## 3D-МОДЕЛЮВАННЯ ВИСОКОШВИДКІСНИХ ПРОЦЕСІВ ЗІТКНЕННЯ ВРАЖАЮЧОГО ЕЛЕМЕНТУ З ПЕРЕШКОДОЮ

Розробка нових схем захисту, найчастіше, здійснюється створенням комбінованих перешкод, що можуть мати у своєму складі кілька спеціальних матеріалів, що відрізняються широким спектром фізико-механічних характеристик. Використання таких перешкод у порівнянні зі сталевими перешкодами дозволяє забезпечити зниження масових показників конструкції виробу (до складу яких входять захисні елементи). У процесі вибору необхідних матеріалів і їх товщин виникають труднощі, які пов'язані з від-

сутністю інформації про внесок у загальний рівень стійкості комбінованої перешкоди кожного окремо узятю шару. Відсутність таких даних приводить до зниження ефективності експериментальних досліджень, підвищення матеріальних і тимчасових витрат, а отже зростанню вартості кінцевої наукової продукції.

У зв'язку з цим запропоновано для цих цілей застосувати комп'ютерне імітаційне моделювання. При чисельному дослідженні процесу взаємодії вражаючого елемента з балістичної перешкодою важливу роль відіграє коректний опис властивостей матеріалів, які взаємодіють між собою.

Для моделювання фізичних явищ, що відбуваються у вражаючого елемента та перешкоді, таких як деформаційне і швидкісне зміцнення, температурне зменшення, руйнування і т.д., може бути описано моделлю матеріалу, яка, в загальному випадку, складається з трьох основних елементів: рівняння стану, моделі пластичності і моделі руйнування.

На цей час для моделювання та дослідження пластичної деформації, що спостерігається при високошвидкісних процесах зіткнення вражаючого елемента з перешкодою найбільше поширення отримали моделі Купера-Саймондса [1], Джонсона-Кука [2] і Зерілли-Армстронга [3]. Ці моделі мають порівняно невелику кількість констант, що характеризують матеріал-об'єкт моделювання, і реалізовані в сучасних пакетах чисельного аналізу.

Модель Джонсона-Кука [2] дозволяє описувати динамічну межу плинності металів, що піддаються великим деформаціям, високим швидкостям деформації і високим температурам:

$$\sigma = (A + B\varepsilon^n) \left(1 + C \ln \dot{\varepsilon}^*\right) (1 - T^{*m})$$

де  $\varepsilon$  – інтенсивність пластичної деформації,  $\dot{\varepsilon}^* = \dot{\varepsilon}/\dot{\varepsilon}_0$  – безрозмірна швидкість пластичної деформації, що визначається як відношення миттєвої швидкості пластичної деформації  $\dot{\varepsilon}$  до її порогового значення  $\dot{\varepsilon}_0 = 1 \text{ с}^{-1}$ ,  $T^*$  – гомологічна температура. Рівняння містить п'ять констант, які визначаються емпіричним шляхом:  $A$  – статична межа плинності,  $B$  – модуль деформаційного зміцнення,  $n$  – показник ступеня в законі деформаційного зміцнення,  $C$  – коефіцієнт швидкості деформацій,  $m$  – показник ступеня в законі температурного зменшення.

Для перевірки застосовності моделі Джонсона-Кука для коректного опису процесу зіткнення вражаючого елемента з перешкодою було проведено 3D-моделювання даного процесу з використанням кінцево-елементного програмного комплексу Abaqus v6.14-5 [4].

Розглядався процес зіткнення кулі 7,62 мм снайперського бронебійного патрона 7Н14 з броньовою перешкодою товщиною 10 мм зі сталі Ст.3, зі швидкістю 820 м/с [5], що відповідає пострілу по мішені з 10 метрів.

3D-модель кулі (рис. 1а) було побудовано за кресленням, наведеними у роботі [6].

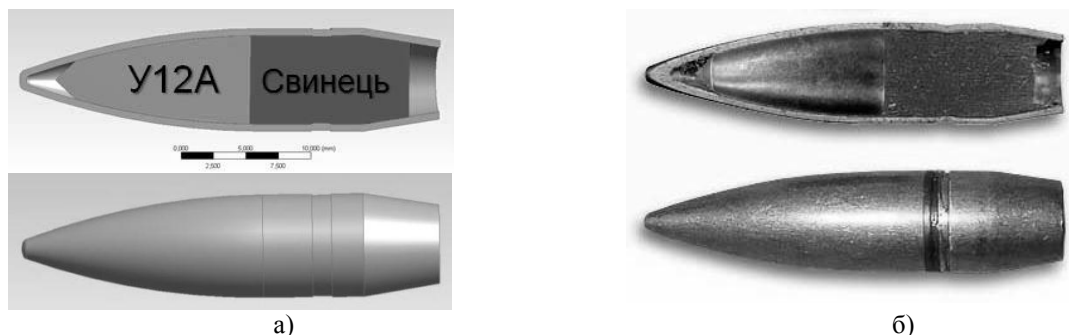


Рисунок 1 – Куля 7Н14: а) тривимірна модель; б) фотографія

Характеристики матеріалів елементів кулі й перешкоди, а також параметри моделей, що використовувалися для опису процесу зіткнення, наведено в роботах [7, 8].

Результати 3D-моделювання процесу зіткнення кулі патрона 7Н14 з гомогенною перешкодою із сталі Ст.3 представлено на рис. 2. Тривалість  $T$  зазначена для кожного кадру в мікросекундах – це інтервал часу від моменту стикання кулі з перешкодою ( $T = 0$  с) до комп'ютерної фіксації певного етапу пробиття.

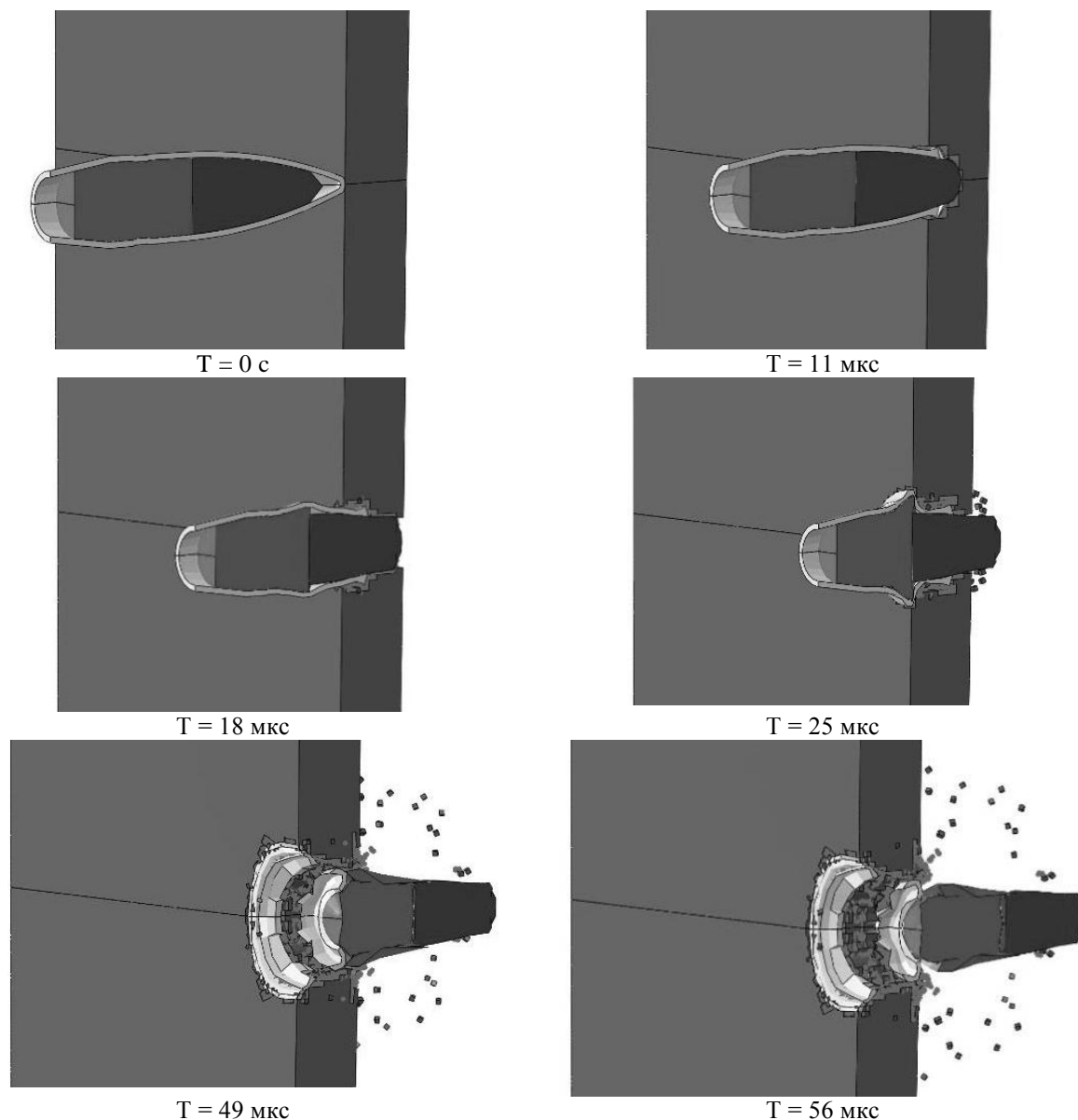


Рисунок 2 – Моделювання зіткнення кулі патрона 7Н14 з гомогенною перешкодою із сталі Ст.3

На рис. 3 наведено фото вхідного отвору та форму каналу пробиття зразка гомогенної перешкоди із Ст3 товщиною 10 мм, які утворилися в результаті проведення натурального тестування балістичної стійкості цього зразка. Умови тестування такі ж, як і прийняті для 3D-моделювання.

Співставлення рис. 2 і рис. 3, тобто розрахункового і реального результатів дії кулі патрону 7Н14 на гомогенну перешкоду, наочно демонструє досить високу адекватність запропонованої аналітично-розрахункової моделі реальній картині високошвидкісного зіткнення.

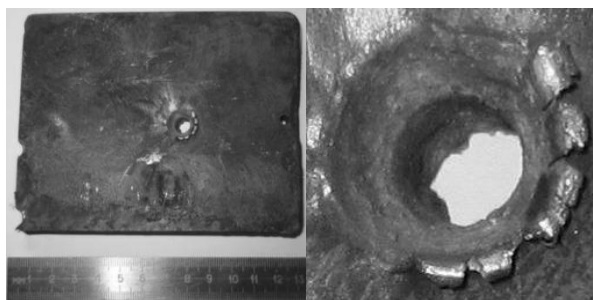


Рисунок 3 – Зразок перешкоди сталі Ст.3 товщиною 10 мм після натурального тестування з використанням кулі 7Н14

Часову динаміку розвитку процесу пробиття кулею патрону 7Н14 двошарової перешкоди, в якій аверсний шар із сталі У12А та реверсний шар із сталі Ст.3 не скріплені між собою жорстко по інтерфейсу, ілюструє рис. 4.

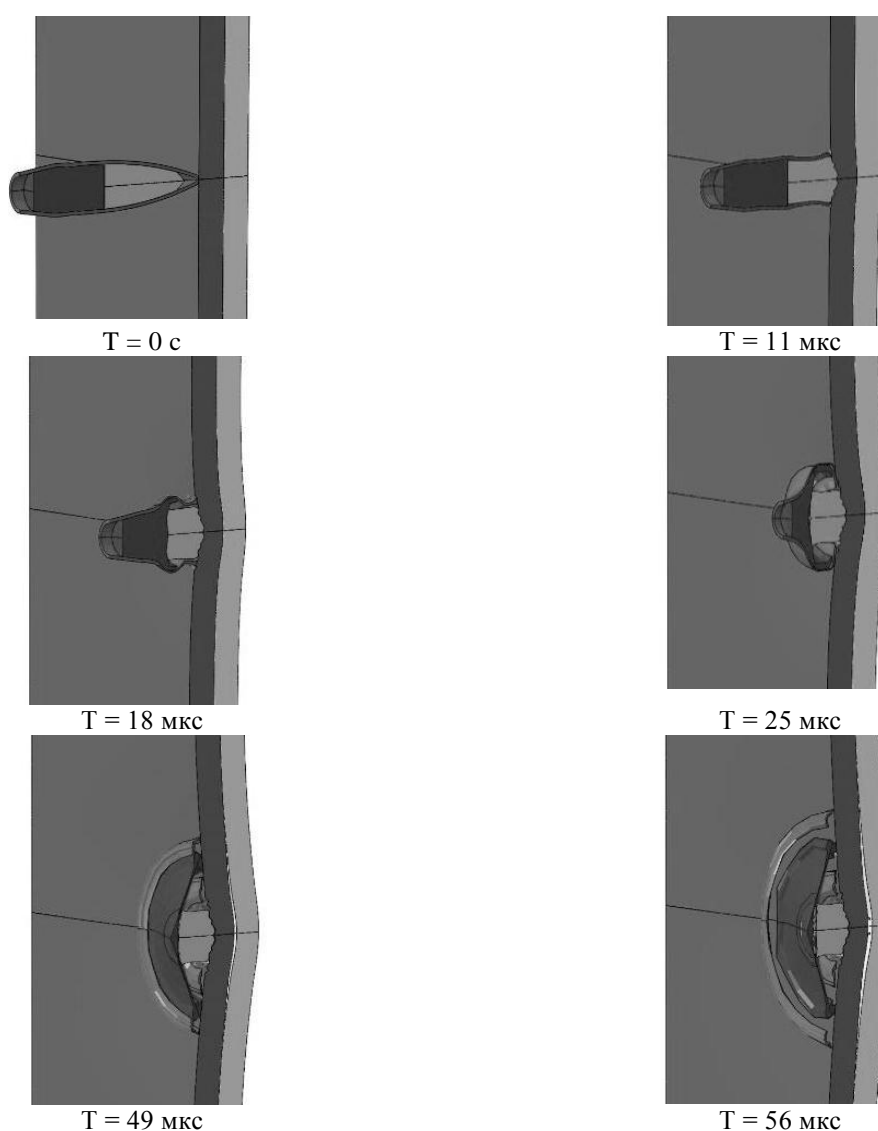


Рисунок 4 – Моделювання зіткнення кулі 7Н14 з двошаровою перешкодою: аверсний шар - сталь У12А, реверсний шар – сталь Ст.3, які не скріплені між собою жорстко по інтерфейсу

Таким чином, для опису пластичних властивостей бронезахисних структур та моделювання високошвидкісних процесів зіткнення вражаючого елемента з перешкодою використовуються різні розрахункові моделі. В результаті аналізу їх переваг і недоліків встановлено, що доцільно обрати модель Джонсона-Кука, яка реалізована у більшості пакетів чисельного аналізу. Порівняння результатів натурного та модельного тестування балістичної стійкості гомогенних перешкод продемонструвало досить високу адекватність запропонованої аналітично-розрахункової моделі реальній картині високошвидкісного зіткнення.

### Список використаних джерел

1. Cowper, G. R. Strain hardening and strain rate effects in the impact loading of cantilever beams [Text] / G. R. Cowper, P. S. Symonds // Brown Univ., Div. of Appl. Mech. – 1952. - Report № 28. – 46 p.
2. Johnson, G. R. A constitutive model and data for metals subjected to large strains, high strain rates and high temperatures [Text] / G. R. Johnson, W. H. Cook // Proceedings of the 7-th International Symposium on Ballistics. – The Hague, The Netherlands. – 1983. - P. 541-547.
3. Zerilli, E. J. Dislocation mechanics based constitutive relations for material dynamics calculations [Text] / E. J. Zerilli, R. W. Armstrong // J. Appl. Phys. – 1987. - № 61(5). – P. 1816-1825.
4. Abaqus 6.12 Documentation [Electronic resource]. - Access mode: [https://www.tu-chemnitz.de/projekt/abq\\_hilfe/docs/v6.12](https://www.tu-chemnitz.de/projekt/abq_hilfe/docs/v6.12). – 2.09.2014.
5. Патроны России. 7,62x54 винтовочные патроны [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://gunrf.ru/rg\\_patron\\_7\\_62x54\\_ru.html](http://gunrf.ru/rg_patron_7_62x54_ru.html). – Заголовок с экрана.
6. Пономарев Ю. О снайперском винтовочном патроне и не только. История создания отечественного снайперского патрона [Текст] / Ю. Пономарев // Калашников. Оружие, боеприпасы, снаряжение. – Вып. 8/2009. – 2009. – С. 84 – 90.
7. BulletImpactonSteelandKevlar /SteelArmor – ExperimentalDataandHydrocodeModelingwithEulerianandLagrangian Methods [Электронный ресурс] / D.S. Preece, V.S. Berg, L.R. Payne // SandiaNationalLaboratories – Режим доступа: <http://www.dtic.mil/ndia/22ndISB2005/tuesday/preece.pdf> – Заголовок с экрана.
8. Thornton I. Lead the facts [Text] / I. Thornton, R. Rautiu, S. Brush // IC Consultants Ltd London, UK. – 2001. – 184 p.

## ЗМІСТ

Лях Є.С. Порівняльний аналіз методів вирішення задач транспортної логістики на прикладі задачі комівояжера.....	3
Метешкин К.А., Сорока О.В. Гипотеза об использовании фрактальной геометрии при построении трехмерных тематических слоев в базе геоданных.....	4
Белокурський Ю.П., Іохов О.Ю., Козлов В.Є., Щербина О.О. Особливості оцінювання електромагнітної обстановки для підрозділів тактичної ланки Національної гвардії України.....	5
Сало К.О. Автоматизація процесу перевірки геодезичних приладів на профілюючій кафедрі.....	5
Морозов О.О. Інформаційна модель системи ремонту озброєння і військової техніки при проведенні операцій (бойових дій).....	7
Козлов Ю.В., Новикова О.О. Система моніторингу службово-бойової діяльності..	9
Одейчук А.Н., Одейчук Н.П., Горелишев С.А., Баулін Д.С., Манжура С.В. 3D-модельовання високошвидкісних процесів зіткнення вражаючого елемента з перешкодою.....	9
Зміст.....	14
Абетковий покажчик авторів публікацій.....	15

\*\*\*

### АБЕТКОВИЙ ПОКАЖЧИК АВТОРІВ ПУБЛІКАЦІЙ

#### **Національна академія Національної гвардії України, м. Харків**

<i>Баулін Д.С.</i>	- канд. техн. наук, с.н.с., ст. наук. співробітник НДЛ	9
<i>Горелишев С.А.</i>	- канд. техн. наук, доцент, ст. наук. співробітник НДЛ	9
<i>Іохов О.Ю.</i>	- канд. техн. наук, с.н.с., доцент, начальник кафедри	5
<i>Козлов В.Є.</i>	- канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри	5
<i>Манжура С.А.</i>	- ад'юнкт	9
<i>Морозов О.О.</i>	- головний наук. співробітник НДЦ	7
<i>Новикова О.О.</i>	- доцент кафедри	9

#### **Національний науковий центр «ХФТІ», м. Харків**

<i>Одейчук А.М.</i>	- канд. техн. наук, наук. співробітник	9
<i>Одейчук М.П.</i>	- канд. техн. наук, ст. наук. співробітник	9

#### **Харківський національний університет міського господарства ім. А.Н. Бекетова**

<i>Лях Є.С.</i>	- студентка	3
<i>Метешкин К.А.</i>	- докт. техн. наук, професор, професор кафедри	4
<i>Сало К.О.</i>	- студентка	5
<i>Сорока О.В.</i>	- студентка	4

#### **Харківський національний університет радіоелектроніки**

<i>Белокурський Ю.П.</i>	- асистент кафедри	5
<i>Козлов Ю.В.</i>	- канд.техн. наук, доцент, доцент кафедри	9
<i>Щербина О.О.</i>	- канд.техн.наук, доцент, доцент кафедри,	5



**Міжнародна науково-практична конференція**  
**“ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ПІДГОТОВЦІ**  
**ТА ДІЯЛЬНОСТІ СИЛ ОХОРОНИ ПРАВОПОРЯДКУ”**

Збірник тез доповідей  
Частина 2

Відповідальний за випуск *О.Ю. Іохов*

В авторській редакції.  
Упорядники: *В.Є. Козлов, Новикова О.О.*  
Комп’ютерна верстка: *Новикова О.О.*

Формат 60x84/16. Ум. друк. арк. 0,92. Тираж 10 пр. Зам. № 8.

---

Видавець і виготовлювач Національна академія Національної гвардії України  
Майдан. захисників України, 3, м. Харків, 61001.  
Свідоцтво суб’єкта видавничої справи ДК № 4794 від. 24.11.2014 р.

