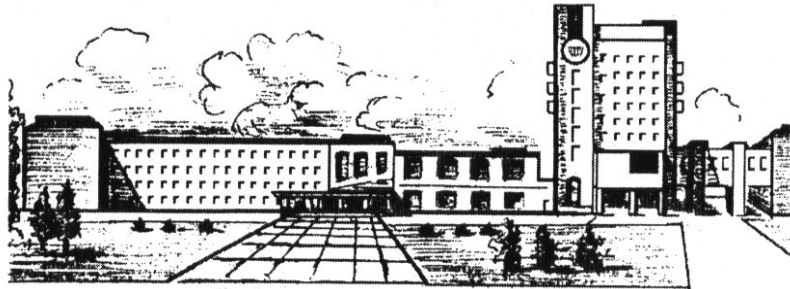


ISSN 2411-5363 (print)
ISSN 2519-4569 (online)

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРНІГІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**



ТЕХНІЧНІ НАУКИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

№ 3 (9)

Чернігів 2017

УДК 62:67.05
ББК 30.1:30.6
Т38

Друкується за рішенням вченої ради Чернігівського національного технологічного університету (протокол № 9 від 25.09.2017 р.). Науковий журнал «Технічні науки та технології» внесено до переліку наукових фахових видань України, затвердженого Наказом Міністерства освіти і науки України від 13.07.2015 р. № 747.

Технічні науки та технології : науковий журнал / Черніг. нац. технол. ун-т. – Чернігів : ЧНТУ, Т38 2017. – № 3 (9). – 214 с.

У цьому випуску журналу «Технічні науки та технології» вміщено статті, присвячені теоретичним та експериментальним дослідженням у галузях технічних наук: механіки та прикладної математики, технологій машинобудування та автотранспорту, зварювання та матеріалознавства, інформаційно-комп'ютерних технологій, енергетики, електротехніки та електроніки, технологій харчової та легкої промисловості, технологій будівництва та природокористування. Статті написані науковцями, аспірантами, магістрантами та студентами і прорецензовані провідними вченими вищих технічних навчальних закладів та закладів НАН України.

Журнал «Технічні науки та технології» буде корисним для науковців різних галузей технічних наук, науково-технічних працівників, аспірантів, магістрантів та студентів вищих технічних навчальних закладів.

УДК 62:67.05
ББК 30.1:30.6

Головний редактор:

Казимир В. В., доктор технічних наук, професор, проректор з наукової роботи.

Заступник головного редактора:

Пилипенко О. І., доктор технічних наук, професор.

Члени редакційної колегії:

Болотов Г. П., доктор технічних наук, професор;

Вархола Міхал, професор, Президент Академічного співтовариства Михайла Балудянського, Словаччина;

Волков І. В., доктор технічних наук, професор;

Денисов Ю. О., доктор технічних наук, професор;

Дубенець В. Г., доктор технічних наук, професор;

Дудла І. О., доктор технічних наук, доцент;

Іванишин В. А., доктор геологічних наук, професор;

Кальченко В. І., доктор технічних наук, професор;

Кальченко В. В., доктор технічних наук, професор;

Литвинов В. В., доктор технічних наук, професор;

Сенько В. І., доктор технічних наук, професор;

Сиза О. І., доктор технічних наук, професор;

Скоробогатова В. І., доктор технічних наук, професор;

Харченко Г. К., доктор технічних наук, професор;

Dmitri Vinnikov, Doctor of Science, Senior Researcher, Head of Power Electronics R&D Group, Tallinn University of Technology, Tallinn, Estonia;

Enrique Romero-Cadaval, Doctor of Science, Professor, Main Researcher in Power Electrical & Electronic Systems R&D Group, University of Extremadura, Badajoz, Spain;

Ilya Galkin, Doctor of Science, Professor, Editor in-Chief of the Scientific Journal "Electrical, Control and Communication Engineering", Riga Technical University, Riga, Latvia;

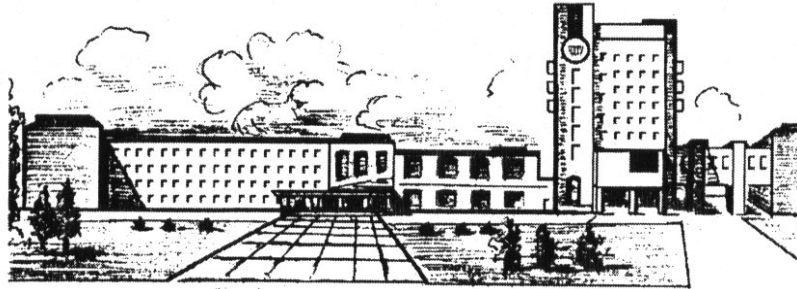
John N. Davies, Professor, Department of Computer Science, Glyndwr University, Wrexham, U.K.;

Zheleznyak Mark, Professor, Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University, Japan.



ISSN 2411-5363 (print)
ISSN 2519-4569 (online)

**MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
CHERNIHIV NATIONAL UNIVERSITY OF TECHNOLOGY**



TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

SCIENTIFIC JOURNAL

ISSUE № 3 (9)

Chernihiv 2017

UDC 62:67.05
LBC 30.1:30.6

Published by the decision of the Academic Council of the Chernihiv National University of Technology (protocol № 9 dated 25.09.2017). Scientific journal “Technical sciences and technologies” is included into the list of scientific specialized editions of Ukraine, approved by the Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine dated July 13, 2015 № 747.

Technical sciences and technologies : scientific journal / Chernihiv National University of Technology. – Chernihiv : Chernihiv National University of Technology, 2017. – № 3 (9). – 214 p.

This issue of the journal “Technical sciences and technologies” contains articles devoted to theoretical and experimental research in the field of technical sciences: mechanics and applied mathematics, engineering and vehicle technology, welding and materials science, information and computer technologies, energy, electrical engineering and electronics, food technologies and light industry, construction technologies and nature management. The articles are written by scientists, graduate students, undergraduates and students and are reviewed by leading scientists of higher technical educational institutions and institutions of the National Academy of Sciences of Ukraine.

Journal “Technical sciences and technologies” will be useful for the scientists in different fields of technical sciences, scientific and technical workers, postgraduates, master students and students of higher technical educational establishment.

UDC 62:67.05
LBC 30.1:30.6

Editor in chief:

Kazymyr V.V., Vice-rector for scientific work, Doctor of Technical Sciences, Professor.

Deputy Editor in chief:

Pilipenko O.I., Doctor of Technical Sciences, Professor.

Members of the Editorial Board:

Bolotov H.P., Doctor of Technical Sciences, Professor;

Varchola Michel, Professor, President of the Academic society of Michal Baludansky, Slovakia;

Volkov I.V., Doctor of Technical Sciences, Professor;

Denysov Yu.A., Doctor of Technical Sciences, Professor;

Dubenets V.H., Doctor of Technical Sciences, Professor;

Dudla I.O., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor;

Ivanyshyn V.A., Doctor of Geological Sciences, Professor

Kalchenko V.I., Doctor of Technical Sciences, Professor;

Kalchenko V.V., Doctor of Technical Sciences, Professor;

Lytvynov V.V., Doctor of Technical Sciences, Professor;

Senko V.I., Doctor of Technical Sciences, Professor;

Syza O.I., Doctor of Technical Sciences, Professor;

Skorobohatova V.I., Doctor of Technical Sciences, Professor;

Kharchenko H.K., Doctor of Technical Sciences, Professor;

Dmitri Vinnikov, Doctor of Science, Senior Researcher, Head of Power Electronics R&D Group, Tallinn University of Technology, Tallinn, Estonia;

Enrique Romero-Cadaval, Doctor of Science, Professor, Main Researcher in Power Electrical & Electronic Systems R&D Group, University of Extremadura, Badajoz, Spain;

Ilya Galkin, Doctor of Science, Professor, Editor in-Chief of the Scientific Journal “Electrical, Control and Communication Engineering”, Riga Technical University, Riga, Latvia;

John N. Davies, Professor, Department of Computer Science, Glyndwr University, Wrexham, U.K.;

Zheleznyak Mark, Professor, Institute of Environmental Radioactivity, Fukushima University, Japan.



ЗМІСТ

РОЗДІЛ I. МЕХАНІКА ТА ПРИКЛАДНА МАТЕМАТИКА

<i>Крячок С.</i> Приведення ліній, вимірних рулеткою та електронним тахеометром, до одного масштабу (продовження)	7
---	---

РОЗДІЛ II. ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ ТА АВТОТРАНСПОРТУ

<i>Кальченко В., Венжега В., Литвин О., Кальченко Д.</i> Дослідження процесу двостороннього шліфування різних діаметрів торців штовхачів орієнтованими кругами з калібруючими ділянками.....	16
<i>Кальченко В., Следнікова О., Винник В., Сіра Н.</i> Дослідження процесу двостороннього шліфування торців хрестовин карданних валів орієнтованими шліфувальними кругами з калібруючими ділянками	27
<i>Хоменко І.</i> Метод програмування для визначення сил, що діють на днище поршня двигуна внутрішнього згоряння	37
<i>Кологойда А., Пасов Г.</i> Використання САПР при розрахунку та проектуванні коробок швидкостей верстатів	44

РОЗДІЛ III. ЗВАРЮВАННЯ ТА МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

<i>Радченко С., Ланач С.</i> Математическое моделирование механических свойств композиционных материалов при нарушении сплошности	53
<i>Петрушинець Л., Фальченко Ю., Устїнов А., Мельниченко Т., Новомлинець О.</i> Дифузійне зварювання у вакуумі жароміцного сплаву на Ni основі	63
<i>Хрестін Р.</i> Складання алгоритму дії системи управління приводом переміщення електродів дугової сталеплавильної печі.....	72
<i>Шаповалов О., Рашевський Є., Кохан В., Болотов Г.</i> Стан і перспективи застосування композиційних матеріалів у літальних апаратах військового та цивільного призначення.....	79

РОЗДІЛ IV. ІНФОРМАЦІЙНО-КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ

<i>Казимир В., Прила О., Крищенко М.</i> Застосування динамічних віртуальних образів у грид-середовищі з підтримкою реплікації.....	88
<i>Заріцький О.</i> Інформаційні технології аналітичної оцінки професійної діяльності. Практичні аспекти інтеграції з системами управління ресурсами підприємства	98
<i>Мартинова Н., Самохвалов Д., Семашко В.</i> Ефективні рішення організації процесу навчання: поєднання друкованих навчальних матеріалів з мобільними системами доповненої реальності	107
<i>Нестеренко С., Акименко А.</i> Кваліметричний підхід до визначення ступеня довіри до програмного забезпечення	115
<i>Житник О., Бальченко І.</i> Структурні моделі засобів дистанційного зондування для застосування в галузі точного землеробства	123
<i>Корнієнко О.</i> Метод відображення мовних сигналів у задачі розпізнавання мовця.....	129
<i>Тітов К.</i> Використання технологій когнітивних обчислень і семантичної обробки інформації для фільтрації новин за персоналізованими вподобаннями користувача.....	138

РОЗДІЛ V. ЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОНІКА

<i>Денисов Ю.</i> Автономный инвертор напряжения как звено авторегулирования локальной системы электроснабжения высокой точности.....	144
---	-----

РОЗДІЛ VI. ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВОЇ ТА ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

<i>Мотузка Ю.</i> Жирнокислотный склад продуктів для ентєрального харчування	155
<i>Хребтань О., Дудла І., Яковенко А.</i> Ідентифікація волокнистого складу швейних товарів під час проведення товарознавчої експертизи	163

РОЗДІЛ VII. ТЕХНОЛОГІЇ БУДІВНИЦТВА ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

<i>Коваленко С., Хархан А.</i> Порівняльний аналіз розподілу земель на категорії в Україні та зарубіжних країнах	171
<i>Корнієнко І., Корнієнко С., Кошма А., Богукалець О., Ярова В.</i> Обґрунтування методики визначення вихідних параметрів для оптимізації мережі механізованого прибирання вулиць населеного пункту.....	179
<i>Смілка В.</i> Задачі вдосконалення системи містобудівного моніторингу земель населених пунктів.....	189
<i>Наровлянська О.</i> Динаміка ринку земель Чернігівської області	197
<i>Квартенко О.</i> Шляхи інтенсифікації методів очищення багатоконпонентних підземних вод.....	206

ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ТА ПОДАЧІ РУКОПИСІВ НАУКОВИХ СТАТЕЙ	213
---	------------

CONTENT

SECTION I. MECHANICS AND APPLIED MATHEMATICS

<i>Kryachok S.</i> Bringing the lines measured by tape measure and electronic total station to one scale (continuation)	7
---	---

SECTION II. MECHANICAL AND AUTOMOBILE ENGINEERING TECHNOLOGY

<i>Kalchenko V., Vengega V., Lytvyn O., Kalchenko D.</i> Investigation of the process of two-sided polishing of different diameters of the pushers ends with orientated circles with calibrating sections	16
<i>Kalchenko V., Sliednikova O., Vynnyk V., Sira N.</i> Investigation of the process of two-sided polishing of cardan shafts crosswalks with orientated grinding circles with calibrating sections.....	27
<i>Khomenko I.</i> The method of programming to determine the forces acting on the bottom of the piston of the internal combustion engine.....	37
<i>Kolohoida A., Pasov H.</i> The use of CAD in calculating and designing the speed boxes of machine tools.....	44

SECTION III. WELDING AND MATERIALS SCIENCE

<i>Radchenko S., Lapach S.</i> Mathematical modeling of mechanical properties of composite materials in case of discontinuity	53
<i>Petrushynets L., Falchenko Iu., Ustinov A., Melnychenko T., Novomlynets O.</i> Diffusion welding in a vacuum of a heat-resisting alloy on a Ni-base.....	63
<i>Khrestin R.</i> Compositing the action algorithm of actuator control system for moving electrodes of an arc furnace	72
<i>Shapovalov O., Rashevskiy E., Kokhan V., Bolotov G.</i> Condition and prospects for the use of composite materials in aircraft for military and civilian use	79

SECTION IV. INFORMATION AND COMPUTER TECHNOLOGIES

<i>Kazymyr V., Prila O., Kryshchenko M.</i> The use of dynamic virtual images in a grid environment with replication support.....	88
<i>Zaritskyi O.</i> Information technology of professional activity analytical evaluation. Practical aspects of integration with enterprise resource management systems.....	98
<i>Martynova N., Samokhvalov D., Semashko V.</i> Effective solutions to the learning process organization: a combination of printed teaching materials with mobile systems of augmented reality	107
<i>Nesterenko S., Akymenko A.</i> Qualimetric approach to determining the degree of software confidence.....	115
<i>Zhitnik O., Balchenko I.</i> Structural models of remote sensing equipment for application in the precision farming field.....	123
<i>Korniienko O.</i> The method of displaying speech signals in the speech recognition task.....	129
<i>Titov K.</i> The use of cognitive computing technologies and semantic information processing to filter news according to personalized preferences of the user	138

SECTION V. POWER ENGINEERING, ELECTRICAL ENGINEERING AND ELECTRONICS

<i>Denisov Yu.</i> Autonomy voltage inverter as a part of auto-regulation of local high-voltage power supply system.....	144
--	-----

SECTION VI. TECHNOLOGIES OF FOOD AND LIGHT INDUSTRY

<i>Motuzka Iu.</i> The fatty acid composition of products for enteral nutrition	155
<i>Khrebtan O., Dudla I., Jakovenko A.</i> Identification of fiber composition of textile products during merchandising expertise.....	163

SECTION VII. CONSTRUCTION AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT TECHNOLOGY

<i>Kovalenko S., Kharkhan A.</i> Comparative analysis of land categorization in Ukraine and foreign countries	171
<i>Korniienko I., Korniienko S., Koshma A., Bohukalets O., Yarova V.</i> Substantiation of the determination method of initial parameters for network optimization of the streets mechanized cleaning of the settlement.....	179
<i>Smilka V.</i> Tasks on improving the monitoring system for urban planning land of settlements.....	189
<i>Narovlyanska O.</i> Lands market dynamics in Chernihiv region.....	197
<i>Kvartenko A.</i> Ways of intensification of methods of cleaning multicomponent underground water.....	206

BASIC REQUIREMENTS FOR EXECUTION AND SUBMISSION OF MANUSCRIPTS OF SCIENTIFIC ARTICLES	213
--	-----

РОЗДІЛ І. МЕХАНІКА ТА ПРИКЛАДНА МАТЕМАТИКА

УДК 528.3

DOI: 10.25140/2411-5363-2017-3(9)-7-15

Сергій Крячок

ПРИВЕДЕННЯ ЛІНІЙ, ВИМІРЯНИХ РУЛЕТКОЮ ТА ЕЛЕКТРОННИМ ТАХЕОМЕТРОМ, ДО ОДНОГО МАСШТАБУ (продовження)

Актуальність теми дослідження. Важливою складовою геодезичних робіт є вимірювання ліній. Лінійні вимірювання виконуються під час побудови геодезичних мереж, топографічних знімків, інженерно-геодезичних робіт. Отже, забезпечення достовірних результатів лінійних вимірювань є актуальним завданням.

Постановка проблеми. Вимірювання можуть виконуватись різними приладами та різними методами. Щоб забезпечити принцип єдності вимірювань, кожен з приладів повинен пройти метрологічну атестацію. При цьому застосовується процедура компарування, тобто порівняння відстані, вимірної геодезичним приладом з еталонною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз літературних джерел показав, що еталонування приладів для лінійних вимірювань виконується на еталонних базисах. Такі базиси мають кілька відрізків, які виміряні з високою точністю та надійно закріплені на місцевості.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Однак, якщо за відсутності поблизу еталонного базису компарування провести неможливо, то доцільно привести вимірювання хоча б до масштабу одного з приладів.

Постановка завдання. Головною метою цієї роботи є приведення лінійних вимірювань, виконаних електронним тахеометром Trimble 3305 DR і рулеткою Inter Tool, до одного масштабу. Ця стаття висвітлює лабораторні вимірювання та опрацювання результатів, які стосуються електронного тахеометра Trimble 3305 DR.

Виклад основного матеріалу. У статті наведено другу частину експериментальних досліджень з використанням електронного тахеометра. Результати вимірювань підлягали виявленню постійної похибки за критерієм Аббе та відповідності нормальному розподілу величинами ексцесу та асиметрії рядів розподілу.

Висновки. У підсумку визначено середнє значення лінії, яка була приведена до горизонту. Обчислено середні квадратичні похибки визначення довжини лінії та масштабного коефіцієнта переходу від довжини лінії, вимірної рулеткою, до масштабу ліній, вимірних тахеометром. Обчислено значення масштабного коефіцієнта.

Ключові слова: вимірювання відстаней; рулетка; електронний тахеометр; компарування мірних приладів; масштабний коефіцієнт.

Рис.: 4. Табл.: 3. Бібл.: 2.

Продовження. Початок у № 2 (8).

Мета статті. Головною метою цієї роботи є приведення лінійних вимірювань, виконаних рулеткою Inter Tool та електронним тахеометром Trimble 3305 DR, до одного масштабу. Ця стаття висвітлює лабораторні вимірювання та опрацювання результатів, які стосуються електронного тахеометра Trimble 3305 DR. Вимірювання та опрацювання результатів, які стосуються рулетки Inter Tool, наведені в [1].

Виклад основного матеріалу. Горизонтальне прокладення D_{24}^T між осями втулок підставок, закріплених на стовпчиках s_2 та s_4 , визначалось з використанням електронного тахеометра Trimble 3305 DR. Для цього (рис. 1) у підставці на стовпчику s_1 було встановлено тахеометр Trimble 3305 DR 9, а почергово у підставки на стовпчиках s_2 та s_4 встановлювався відбивач I_0 з комплекту світловіддалеміра СТ-5 «Блеск» та вимірювались відстані S_{12} та S_{14} . Це складало один прийом вимірювань. Було виконано 140 прийомів, результати яких наведені в табл. 1 і табл. 2 та обчислено середні значення. Горизонтальне прокладення становило $D_{12}^T = 2,06063$ м, а горизонтальне прокладення $D_{14}^T = 6,43995$ м.



Рис. 1. Вимірювання відстаней за допомогою тахеометра Trimble 3305 DR

Визначено нестворність вертикальної осі відлікового пристрою на стовпчику s_2 щодо створу напрямку s_1-s_4 . Для цього (рис. 2) на стовпчиках s_1 та s_2 було встановлено у підставки 11, 12 вимірювальні пристрої. На стовпчику s_2 було розміщено лінійку 13 перпендикулярно створу s_1-s_4 . Теодоліт 14 марки 2Т2 було встановлено у підставку на стовпчику s_4 . Візирними цілями (рис. 3) слугували швейні голки 15. Вони закріплювались краплиною пластмаси 16, розігрітої до високої температури, до поверхні 11 відлікового пристрою у місці перетину відлікових ліній. Візирні цілі було встановлено на відлікових пристроях, розміщених на стовпчиках s_1 та s_2 .

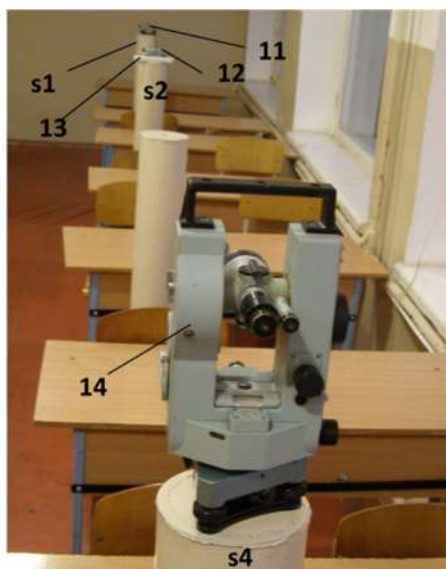


Рис. 2. Вимірювання позастворного положення вимірювального пристрою на стовпчику s_2

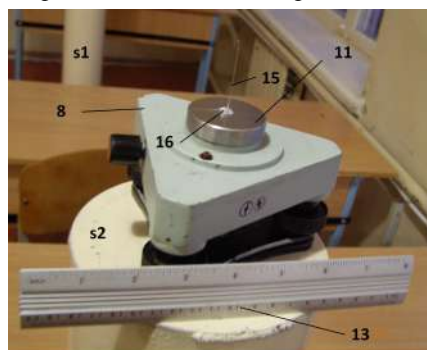


Рис. 3. Розташування візирної цілі у вигляді голки на вимірювальному пристрої та лінійки на стовпчику s_2

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Програма спостережень включала при крузі ліворуч:

- 1) наведення хреста ниток зорової труби теодоліта на візирну ціль, розміщену на стовпчику s_1 , проектування вертикалі візирної цілі на площину лінійки та взяття відліку за лінійкою з точністю до 0,1 мм;
- 2) наведення хреста ниток зорової труби теодоліта на візирну ціль, розміщену на стовпчику s_2 , проектування вертикалі візирної цілі на площину лінійки та взяття відліку за лінійкою з точністю до 0,1 мм;
- 3) поворот візирних цілей, розміщених на стовпчиках s_1 та s_2 на 180° .

Далі виконувались дії за пунктами 1 та 2, обчислювались середні значення з наведень на ту ж саму візирну ціль, що становило напівприйоми вимірювань. Перед початком іншого напівприйому теодоліт встановлювався при крузі праворуч. Було виконано два прийоми спостережень. Між прийомами лінійку було дещо зміщено в напрямку, перпендикулярному створу $s_1 - s_4$. Величина позастворного положення визначалась як середнє з прийомів.

Схема визначення позастворного положення вимірювального пристрою на стовпчику s_2 наведена на рис. 4. Оскільки лінійка l_3 знаходилась на відстані ΔD від осі вимірювального пристрою на стовпчику s_2 , то було визначено не відхилення від створу h вимірювального пристрою, а відхилення від створу h' лінійки l_3 . Значення $h' = 8,44$ мм. З рис. 4 видно, що

$$\Delta h = \frac{\Delta D}{D_{24}^T - \Delta D} h', \tag{1}$$

$$\beta = \arcsin \frac{h}{D_{12}^T} = \arcsin \frac{h' + \Delta h}{D_{12}^T}. \tag{2}$$

Приймається $D_{24}^T \approx D_{14}^T - D_{12}^T = 6,43995 - 2,06063 = 4,37932$ м, $\Delta D = 65$ мм – половина довжини підставки δ в напрямку, перпендикулярному площині лінійки l_3 (рис. 3). Тоді з урахуванням формул (7) та (8): $\beta = 0,238210^\circ = 0^\circ 14' 18''$.

Поправка ΔD_{24}^T у наближене значення $D_{14}^T - D_{12}^T$ відстані D_{24}^T дорівнює

$$\Delta D_{24}^T = D_{24}^T - (D_{14}^T - D_{12}^T). \tag{3}$$

Користуючись формулою (3), теоремою косинусів для сторони D_{24}^T (рис. 4) та розкладанням у ряд функції $\cos \beta \approx 1 - \beta^2 / 2\rho^2$, можна отримати формулу для обчислення ΔD_{24}^T

$$\Delta D_{24}^T = \frac{D_{12}^T D_{14}^T}{2(D_{14}^T - D_{12}^T)} \frac{\beta^2}{\rho^2} - \frac{(D_{12}^T D_{14}^T)^2}{8(D_{14}^T - D_{12}^T)^3} \frac{\beta^4}{\rho^4}, \tag{4}$$

де $\rho = 57,2958^\circ$. Для наведених вище значень D_{12}^T , D_{14}^T , β другий доданок формули (4) дорівнює $7,8 \cdot 10^{-8}$ мм, а тому ним нехтується. Тоді $\Delta D_{24}^T = 0,026 \approx 0,03$ мм. У підсумку за формулою (3) D_{24}^T дорівнює $D_{24}^T = D_{14}^T - D_{12}^T + \Delta D_{24}^T = 4,37935$ м.

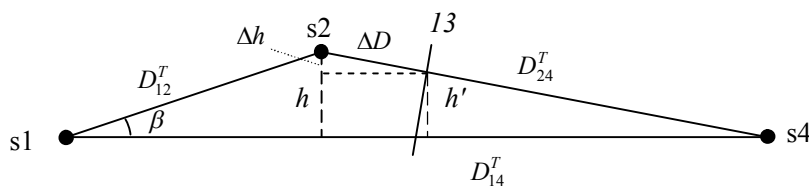


Рис. 4. Схема визначення позастворного положення вимірювального пристрою на стовпчику s_2

Різниця ΔD_{24} відстаней, виміряних рулеткою D_{24}^P і тахеометром D_{24}^T становить $\Delta D_{24} = D_{24}^P - D_{24}^T = 4,37682 - 4,37935 = -0,0025 \text{ м} = -2,5 \text{ мм}$.

Середня квадратична похибка (СКП) різниці m_{Δ} відстаней D_{24} , виміряних рулеткою з СКП m_P і тахеометром з СКП m_T , дорівнює

$$m_{\Delta} = \sqrt{m_T^2 + m_P^2} = \sqrt{m_{S_{14}}^2 + m_{S_{12}}^2 + \frac{1}{4}(m_{S_1}^2 + m_{S_2}^2)}, \quad (5)$$

де $m_{S_{12}}$, $m_{S_{14}}$ – СКП визначення відстаней S_{12} та S_{14} за допомогою тахеометра, m_{S_1} , m_{S_2} – СКП визначення двічі відстані S_{24} за допомогою рулетки. СКП визначення поправок нехтується через їх малі значення.

Перш ніж визначити СКП $m_{S_{12}}$ та $m_{S_{14}}$, необхідно впевнитись, чи мають значення окремих відстаней, наведених у табл. 1 і табл. 2, нормальний розподіл.

Таблиця 1

Вимірювання відстані S_{12} електронним тахеометром Trimble 3305 DR

2,062	2,061	2,058	2,060	2,062	2,061	2,061
2,060	2,062	2,060	2,061	2,062	2,060	2,061
2,059	2,060	2,060	2,059	2,060	2,059	2,061
2,060	2,061	2,061	2,063	2,061	2,060	2,061
2,058	2,060	2,059	2,063	2,060	2,059	2,059
2,061	2,061	2,060	2,061	2,061	2,062	2,062
2,060	2,060	2,059	2,061	2,060	2,060	2,061
2,061	2,061	2,060	2,062	2,062	2,059	2,062
2,062	2,063	2,059	2,060	2,061	2,062	2,060
2,060	2,062	2,060	2,061	2,060	2,060	2,061
2,062	2,060	2,061	2,063	2,060	2,059	2,062
2,062	2,061	2,061	2,063	2,060	2,061	2,060
2,060	2,060	2,060	2,061	2,062	2,060	2,062
2,061	2,060	2,060	2,061	2,058	2,062	2,061
2,059	2,059	2,059	2,060	2,060	2,061	2,060
2,057	2,062	2,060	2,061	2,060	2,060	2,062
2,061	2,061	2,062	2,060	2,061	2,062	2,061
2,062	2,061	2,061	2,061	2,059	2,061	2,061
2,060	2,059	2,061	2,060	2,060	2,060	2,062
2,063	2,062	2,059	2,061	2,061	2,062	2,061
Середнє значення S_{12}					2,06064	
Кут нахилу лінії V_{12}					-0°11'27"	
Горизонтальне прокладення D_{12}					2,06063	
Асиметрія / Ексцес					-0,17899 / 0,07232	

Оскільки кожна з відстаней виміряна тахеометром 140 разів, то можна визначити асиметрію S та ексцес E рядів вимірювань з використанням середовища Excel для оцінки наближення розподілів до нормального. Для цього визначаються дисперсії D_S та D_E за формулами [2]

$$D_S = \frac{6(n-1)}{(n+1)(n+3)}, \quad (6)$$

$$D_E = \frac{24(n-3)}{(n+3)(n+5)}, \quad (7)$$

де n – число вимірювань цієї лінії у ряді. Якщо виконуються нерівності

$$|S| \leq 3\sqrt{D_S}, \quad (8)$$

$$|E| \leq 5\sqrt{D_E}, \tag{9}$$

то розподіл вважається нормальним. Для $n = 140$ з (6), (7) праві частини (8) та (9) дорівнюють $3\sqrt{D_S} = 1,49$ та $5\sqrt{D_E} = 1,99$. Ці значення більші за значення $|S_1| = 0,179$, $|E_1| = 0,072$ (див. табл. 1) та $|S_2| = 0,27$, $|E_1| = 0,072$ (табл. 2). Тому розподіл рядів вимірювань відстаней S_{12} та S_{14} не суперечить нормальному.

Таблиця 2

Вимірювання відстані S_{14} електронним тахеометром Trimble 3305 DR

6,439	6,440	6,439	6,441	6,439	6,439	6,440
6,440	6,438	6,439	6,441	6,440	6,441	6,440
6,441	6,439	6,440	6,440	6,440	6,441	6,441
6,440	6,440	6,440	6,440	6,440	6,441	6,441
6,440	6,440	6,439	6,440	6,440	6,440	6,441
6,439	6,440	6,440	6,439	6,439	6,441	6,440
6,439	6,441	6,438	6,439	6,440	6,439	6,440
6,440	6,441	6,438	6,441	6,440	6,440	6,441
6,440	6,439	6,440	6,441	6,440	6,439	6,440
6,441	6,439	6,441	6,438	6,440	6,441	6,439
6,441	6,439	6,440	6,441	6,439	6,440	6,440
6,440	6,440	6,440	6,438	6,440	6,440	6,440
6,440	6,440	6,439	6,439	6,441	6,439	6,440
6,441	6,440	6,440	6,439	6,439	6,440	6,440
6,441	6,441	6,440	6,441	6,441	6,440	6,440
6,440	6,439	6,439	6,441	6,440	6,440	6,441
6,441	6,439	6,441	6,440	6,440	6,442	6,440
6,439	6,440	6,439	6,441	6,440	6,439	6,440
6,440	6,440	6,441	6,441	6,440	6,440	6,440
6,440	6,440	6,440	6,440	6,440	6,439	6,440
Середнє значення S_{14}					6,43996	
Кут нахилу лінії v_{14}					-0°07'15"	
Горизонтальне прокладення D_{14}					6,43995	
Асиметрія / Ексцес					-0,272/-0,128	

СКП вимірювання відстані S електронним тахеометром Trimble 3305 DR визначається за формулою $m_S = 2\text{мм} + 2\text{мм} \cdot S_{\text{км}}$. Тоді СКП $m_{S_{12}}$ – вимірювання відстані

$$S_{12} = 2,1\text{м} = 0,0021\text{ км} \quad 140 \text{ разів дорівнює } m_{S_{12}} = (2\text{мм} + 2\text{мм} \cdot 0,002) / \sqrt{140} = 2,004 / \sqrt{140} = 0,1694 \text{ мм,}$$

а відстані $S_{14} = 6,4\text{ м} = 0,0064\text{ км}$ дорівнює $m_{S_{14}} = (2\text{мм} + 2\text{мм} \cdot 0,0064) / \sqrt{140} = 2,013 / \sqrt{140} = 0,1701\text{ мм.}$

У підсумку, СКП визначення різниці m_{Δ} відстаней D_{24} , виміряних рулеткою і тахеометром згідно з (5), дорівнює $m_{\Delta} = 0,3065\text{ мм}$. Гранична похибка Δ_{Γ} визначення різниці відстаней D_{24} , виміряних рулеткою і тахеометром, для вибраної у цьому дослідженні довірчої ймовірності $P = 0,95$ становить $\Delta_{\Gamma} = 2m_{\Delta} = 2 \cdot 0,3065 = 0,613\text{ мм}$. Гранична, або припустима випадкова похибка значно менша від різниці відстаней $|\Delta D_{24}| = 2,5\text{ мм}$. Тому необхідно визначити наявність чи відсутність систематичних похибок у рядах вимірювань.

Як видно з (1), відстань D_{24}^T визначалась у диференційний спосіб, що дозволило не враховувати сталу віддалеміра. Почергове вимірювання відстаней S_{12} та S_{14} за один прийом дозволило мінімізувати можливий вплив нагрівання тахеометра на зміну масштабної частоти його генератора впродовж тривалого часу вимірювань. В основу визна-

чення відстані, вимірної тахеометром покладено вираз $D_{24}^T = D_{14}^T - D_{12}^T + \Delta D_{24}^T$. Зважаючи на мізерні поправки у горизонтальні прокладення D_{14}^T та D_{12}^T , а також мале значення ΔD_{24}^T , можна записати $S_{24}^T \approx S_{14}^T - S_{12}^T$.

Для визначення наявності систематичної похибки у рядах вимірювань відстаней використано критерій Аббе. Для цього обчислювались послідовні різниці відстаней у ряді їх вимірювань

$$d_i = S_{i-1} - S_i. \quad (10)$$

Визначалась вибіркова дисперсія

$$m_d^2 = \frac{1}{2(n-1)} \sum_{i=1}^{n-1} d_i^2, \quad (11)$$

та вибіркова статистика для вибіркової дисперсії m

$$\delta = \frac{m_d^2}{m^2}, \quad (12)$$

а за кількістю вимірювань n та рівнем значення $q = 1 - P$ з таблиць [2] визначалась статистика δ_q . Для значного n статистика δ_q може бути визначена за формулою [2]

$$\delta_q = 0,867561498 - \frac{5,94495279}{n} + \frac{37,40106356}{n^2} - \frac{137,710475}{n^3} + \frac{210,6458956}{n^4}. \quad (13)$$

Якщо $\delta > \delta_q$, то систематична похибка у ряді вимірювань відсутня [2].

За даними табл. 3 вибіркова статистика $\delta = 0,843$, розрахункове значення, обчислене за формулою (13), становить $\delta_q = 0,827$. Отже, $\delta > \delta_q$ – систематична похибка у ряді визначень відстані S_{24}^T відсутня.

Таблиця 3

Результати обчислення відстані S_{24}^T та розрахунки до критерію Аббе

№	S_i , м	d , мм	d^2 , мм ²	№	S_i , м	d , мм	d^2 , мм ²	№	S_i , м	d , мм	d^2 , мм ²	№	S_i , м	d , мм	d^2 , мм ²
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	4,377	-3	9	36	4,378	1	1	71	4,375	-3	9	106	4,379	-2	4
2	4,380	-2	4	37	4,379	-2	4	72	4,378	0	0	107	4,381	4	16
3	4,382	2	4	38	4,381	3	9	73	4,378	-3	9	108	4,377	-4	16
4	4,380	-2	4	39	4,378	-3	9	74	4,381	1	1	109	4,381	0	0
5	4,382	4	16	40	4,381	2	4	75	4,380	0	0	110	4,381	2	4
6	4,378	-1	1	41	4,379	-1	1	76	4,380	0	0	111	4,379	0	0
7	4,379	0	0	42	4,380	1	1	77	4,380	-1	1	112	4,379	1	1
8	4,379	1	1	43	4,379	-1	1	78	4,381	2	4	113	4,378	-1	1
9	4,378	-3	9	44	4,380	0	0	79	4,379	2	4	114	4,379	-1	1
10	4,381	2	4	45	4,380	1	1	80	4,377	-1	1	115	4,380	0	0
11	4,379	1	1	46	4,379	1	1	81	4,378	-2	4	116	4,380	2	4
12	4,378	-2	4	47	4,378	-3	9	82	4,380	1	1	117	4,378	-2	4
13	4,380	0	0	48	4,381	0	0	83	4,379	-1	1	118	4,380	3	9
14	4,380	-2	4	49	4,381	2	4	84	4,380	2	4	119	4,377	-2	4
15	4,382	-1	1	50	4,379	-1	1	85	4,378	-2	4	120	4,379	0	0
16	4,383	3	9	51	4,379	0	0	86	4,380	2	4	121	4,379	-1	1
17	4,380	3	9	52	4,379	-1	1	87	4,378	-1	1	122	4,380	0	0
18	4,377	-3	9	53	4,380	-1	1	88	4,379	-1	1	123	4,380	-2	4
19	4,380	3	9	54	4,381	2	4	89	4,380	1	1	124	4,382	4	16
20	4,377	-2	4	55	4,379	0	0	90	4,379	-1	1	125	4,378	-1	1
21	4,379	3	9	56	4,379	1	1	91	4,380	1	1	126	4,379	0	0
22	4,376	-3	9	57	4,378	-2	4	92	4,379	-2	4	127	4,379	-1	1

Закінчення табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
23	4,379	0	0	58	4,380	1	1	93	4,381	0	0	128	4,380	2	4
24	4,379	-1	1	59	4,381	0	0	94	4,381	1	1	129	4,378	0	0
25	4,380	1	1	60	4,381	1	1	95	4,380	1	1	130	4,378	-2	4
26	4,379	-2	4	61	4,380	-1	1	96	4,379	-2	4	131	4,380	2	4
27	4,381	1	1	62	4,381	4	16	97	4,381	1	1	132	4,378	-1	1
28	4,380	4	16	63	4,377	0	0	98	4,380	1	1	133	4,379	-1	1
29	4,376	-1	11	64	4,377	-1	1	99	4,379	1	1	134	4,380	1	1
30	4,377	-2	4	65	4,378	0	0	100	4,378	-3	9	135	4,379	0	0
31	4,379	0	0	66	4,378	-1	1	101	4,381	-1	1	136	4,379	0	0
32	4,379	-1	1	67	4,379	-2	4	102	4,382	1	1	137	4,379	1	1
33	4,380	0	0	68	4,381	4	16	103	4,381	0	0	138	4,378	-1	1
34	4,380	-2	4	69	4,377	-1	1	104	4,381	2	4	139	4,379	0	0
35	4,382	5	25	70	4,378	3	9	105	4,379	0	0	140	4,379	-2	470

$$d = S_{i-1} - S_i; m_{S_{24}}^T = 1,4156 \text{ мм}; m_d^2 = 1,69 \text{ мм}^2; \delta = 0,843.$$

Таким чином, ряди вимірювань відстані S_{24} електронним тахеометром і рулеткою [1] не мають систематичних похибок. Це означає, що середні значення відстаней не зміщені і є близькими до дійсних значень.

Необхідно зазначити, що отримана значна різниця $|\Delta D_{24}| = 2,5$ мм відстаней, виміряних електронним тахеометром та рулеткою пояснюється сталою складовою, яка присутня у формулі точності вимірювання відстані електронним тахеометром $m_S = 2\text{мм} + 2\text{мм} \cdot S_{\text{км}}$. Адже для $S_{\text{км}} \approx 0$ $m_S = 2$ мм, що для прийнятої довірчої ймовірності $P = 0,95$ відповідає граничній похибці $|\Delta D_{24}| = 2 \cdot 2 = 4$ мм. Тож отримана різниця $|\Delta D_{24}| = 2,5$ мм є припустимою.

Оскільки лівова частка лінійних вимірювань виконується з використанням електронних тахеометрів чи електронних віддалемірів, то необхідно привести результати даних вимірювань, виконаних рулеткою, до масштабу лінійних вимірювань, виконаних електронним тахеометром. Для цього визначається масштабний коефіцієнт

$$k = \frac{D_{24}^T}{D_{24}^P}, \tag{14}$$

який у цьому випадку дорівнює $k = 4,37935/4,37682 = 1,000578$. Тоді горизонтальне прокладення D^P , визначене з використанням рулетки, приводиться до масштабу прокладення D^T , що відповідає електронному віддалі муру, за формулою

$$D^T = kD^P. \tag{15}$$

Для обчислення СКП визначення масштабного коефіцієнта формулу (15) можна записати у вигляді

$$k = \frac{D_{24}^T}{D_{24}^P} \approx \frac{S_{24}^T}{S_{24}^P}. \tag{16}$$

Після диференціювання формули (16) та переходу до СКП її аргументів, СКП визначення масштабного коефіцієнта має вигляд

$$m_K = k \cdot \sqrt{\left(\frac{m_{S_{24}^T}}{S_{24}^T}\right)^2 + \frac{(m_{S_1^P}^2 + m_{S_2^P}^2)}{(2S_{24}^P)^2}}, \tag{17}$$

де $m_{S_1^P}, m_{S_2^P}$ – СКП визначення контрольної довжини S_{24} рулеткою у першому та другому циклах відповідно.

СКП визначення відстані S_{24}^T з огляду на $S_{24}^T \approx S_{14}^T - S_{12}^T$ дорівнює

$$m_{S_{24}^T} = \sqrt{m_{S_{14}^T}^2 + m_{S_{12}^T}^2}, \quad (18)$$

що для $m_{S_{14}^T} = 0,1694$ мм та $m_{S_{12}^T} = 0,1701$ мм складає $m_{S_{24}^T} = 0,2401$ мм. Тоді для $S_{24}^T \approx S_{24}^P = 4378$ мм, $m_{S_{14}^P} = 0,0857$ мм і $m_{S_{12}^P} = 0,0667$ мм [1] та $k \approx 1,00$ з (17) визначиться $m_K = 5,62 \cdot 10^{-5} = 1/17800$.

У підсумку, користуючись вихідною формулою (15) та маючи потрібну відстань, виміряну рулеткою S_P , СКП якої m_{S_P} та цей коефіцієнт переходу $k = 1,00058$, СКП якої наведена вище, можна визначити довжину цієї ж лінії у масштабі тахеометра S^T з відносною похибкою, яка обчислюється за формулою

$$\frac{m_{S^T}}{S^T} = \sqrt{\left(\frac{m_K}{k}\right)^2 + \left(\frac{m_{S^P}}{S^P}\right)^2}. \quad (19)$$

Щоб точність визначення коефіцієнта переходу k не впливала на точність визначення лінії, необхідно, щоб

$$\frac{m_K}{k} \leq \frac{1}{3} \frac{m_{S^P}}{S^P}. \quad (20)$$

Тоді

$$\frac{m_{S^P}}{S^P} \geq 3 \frac{m_K}{k}. \quad (21)$$

Для $m_K = 1/17800$ та $k = 1,00$ з (21) випливає $\frac{m_{S^P}}{S^P} \geq \frac{1}{6000}$, що відповідає точності вимірювання відстаней за допомогою рулеток.

Висновки. У результаті експериментальних досліджень та статистичного опрацювання результатів вимірювань отримано значення масштабного коефіцієнта для переходу від довжини лінії, виміряної рулеткою Inter Tool, до масштабу ліній, виміряних електронним тахеометром Trimble 3305 DR, який становить 1,000578. Обчислено середню квадратичну похибку визначення масштабного коефіцієнта, яка дорівнює 1:17800.

Список використаних джерел

1. Крячок С. Д. Приведення ліній, виміряних рулеткою та електронним тахеометром, до одного масштабу / С. Д. Крячок, Л. С. Мамонтова, Ю. В. Щербак // Технічні науки та технології : науковий журнал. – 2017. – № 2 (8). – С. 9–19.
2. Войтенко С. П. Математична обробка геодезичних вимірів. Теорія похибок вимірів : навчальний посібник / С. П. Войтенко. – К. : КНУБА, 2003. – 216 с.

References

1. Kriachok, S.D., Mamontova, L.S., Shcherbak, Yu.V. (2017). Pryvedennia linii, vymirianykh ruletkoiu ta elektronnym takheometrom, do odnogo masshtabu [Bringing lines, which were measured by roulette and electronic total station, to one scale]. *Tekhnichni nauky ta tekhnolohii – Technical sciences and technologies*, no. 2 (8), pp. 9–19 (in Ukrainian).
2. Voitenko, S.P. (2003). *Matematychna obrobka heodezychnykh vymiriv. Teoriia pokhybok vymiriv [Mathematical processing of geodetic measurements. Theory of measurement errors]*. Kyiv: KNUBA (in Ukrainian).

*Serhiy Kryachok***BRINGING THE LINES MEASURED BY TAPE MEASURE AND ELECTRONIC TOTAL STATION TO ONE SCALE (CONTINUATION)**

Urgency of the research. Lines measurement is an important part of geodetic works. Linear measurements performed during the construction of geodetic networks, topographic survey, engineering and geodetic works. Therefore, ensuring reliable results linear measurement is an urgent task.

Target setting. Measurements can be performed by different devices and different methods. To ensure the principle of unity of measurements each device must undergo metrological certification. In this case a comparison procedure is used. That is a comparison of the distance measured by the geodetic device with the reference one.

Actual scientific researches and issues analysis. Analysis of literary sources showed that standardizing devices for linear measurements is performed on the calibration base-line. Such bases-lines have several line segments that are measured accurately and securely mounted on the locality.

Uninvestigated parts of general matters defining. However, if no calibration base-line of comparison is possible, it is expedient to bring the measure to scale at least one of the devices.

The research objective. The main purpose of this work is to bring linear measurements made by Trimble 3305 DR electronic total station and Inter Tool tape measure to one scale. This paper covers laboratory measurements and processing of results related to the Trimble 3305 DR electronic tacheometer.

The statement of basic materials. The article presents a second part of experimental research using an electronic stationer. The results of the measurements were subject to the determination of a constant error on the ABbe criterion and to the normal distribution with the values of the excess and the asymmetry of the distribution rows.

Conclusions. The result is the average of the line that was brought to the horizon. The average square error of the determination of the length of the line and the scale factor of the transition from the length of the line measured by the tape measure to the scale of the lines measured by the geometry is calculated. The value of the scale factor is calculated.

Key words: measuring distances; roulette; electronic total station; the calibration of measuring instruments; scale factor.

Fig.: 4. Tabl.: 3. Bibl.: 2.

УДК 528.3

*Сергей Крячок***ПРИВЕДЕНИЕ ЛИНИЙ, ИЗМЕРЕННЫХ РУЛЕТКОЙ И ЭЛЕКТРОННЫМ ТАХЕОМЕТРОМ, К ОДНОМУ МАСШТАБУ**

Описана методика приведения линий, измеренных рулеткой и тахеометром, к одному масштабу. В экспериментальном исследовании была использована рулетка Inter Tool и электронный тахеометр Trimble 3305 DR. Суцність експеримента заключалась в многократном измерении одной и той же линии рулеткой и тахеометром и последующим расчетом масштабного коэффициента. В статье приводится вторая часть измерений с использованием электронного тахеометра. Результаты измерений подлежали выявлению постоянной погрешности по критерию Аббе и соответствия нормальному распределению по значениям эксцесса и асимметрии рядов распределения. В итоге получено среднее значение линии. Вычислены средние квадратические погрешности определения длины линии и масштабного коэффициента перехода от длин линий, измеренных рулеткой к масштабу линий, измеренных тахеометром. Вычислено значение масштабного коэффициента.

Ключевые слова: измерения расстояний; рулетка; электронный тахеометр; компарирование измерительных приборов; масштабный коэффициент.

Рис.: 4. Табл.: 3. Библ.: 2.

Крячок Сергій Дмитрович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри геодезії, картографії та землеустрою, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

Крячок Сергей Дмитриевич – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры геодезии, картографии и землеустройства, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

Kryachok Serhiy – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Geodesy, Cartography and Land Management, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenko Str., 14027, Chernihiv, Ukraine).

E-mail: geodesist2015@gmail.com

РОЗДІЛ II. ТЕХНОЛОГІЇ

МАШИНОБУДУВАННЯ ТА АВТОТРАНСПОРТУ

УДК 621.923.42

DOI: 10.25140/2411-5363-2017-3(9)-16-26

Володимир Кальченко, Володимир Венжега,
Олександр Литвин, Дмитро Кальченко

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ДВОСТОРОННЬОГО ШЛІФУВАННЯ РІЗНИХ ДІАМЕТРІВ ТОРЦІВ ШТОВХАЧІВ ОРІЄНТОВАНИМИ КРУГАМИ З КАЛІБРУЮЧИМИ ДІЛЯНКАМИ

Актуальність теми дослідження. Забезпечення високої продуктивності та точності обробки торцевих поверхонь різного діаметра потребує розробки нових, високоєфективних методів та способів обробки.

Постановка проблеми. У сучасних умовах розвитку автомобілебудівних та машинобудівних заводів, отримання високоточних торцевих поверхонь деталей пов'язане з високими вимогами до точності та продуктивності шліфування із застосуванням технологій сучасної механічної обробки та повинні мати великий ресурс експлуатації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомо способи шліфування деталей з торцями різних діаметрів орієнтованими шліфувальними кругами з калібруючими ділянками та без них, також наведена модульна 3D-модель оброблюваної поверхні при шліфуванні торців деталей, яку використовують для розрахунку точності формоутворення та зняття припуску.

Виділення не досліджених раніше частин загальної проблеми. Загальна модульна 3D-модель двостороннього торцевого шліфування штовхачів із різними діаметрами торців, що не обертаються та обертаються під час обробки, вплив способу фіксації штовхачів у барабані, порядок чергування більшого та меншого діаметрів торців на геометричну точність формоутворення оброблюваних поверхонь, вплив на продуктивність шліфування при оберненому розташуванні деталей у барабані подачі.

Постановка завдання. На базі модульної 3D-моделі процесів зняття припуску та формоутворення торцевих поверхонь деталей та шліфувальних кругів із калібруючими ділянками розрахувати точність оброблюваних поверхонь, сил різання, урівноважити дії сил різання на торцях із різними діаметрами, які призводять до імпульсів на барабані та торцях деталей при обробці.

Виклад основного матеріалу. Представлений спосіб двостороннього шліфування торців різного діаметру орієнтованими шліфувальними кругами з калібруючими ділянками. Запропоновано модульне 3D-моделювання інструментів, процесів зняття припуску та формоутворення торцевих поверхонь різних діаметрів деталей шліфувальними кругами з калібруючими ділянками, деталі розташовуються по чергово, змінюючи менший та більший діаметри, що дозволить забезпечити високу точність формоутворення, та продуктивність обробки деталей. Зменшено міжцентрову відстань між деталями, що розташовуються в барабані подачі.

Висновки. Зроблено розрахунок точності формоутворення торців штовхачів, що не обертаються та обертаються під час обробки. Підвищено точності формоутворення за рахунок калібруючої ділянки, довжина якої дорівнює більшому діаметру деталі. Вперше запропонована універсальна методика практичного використання моделі точності формоутворення торців деталей різних діаметрів з різними способами орієнтації їх в просторі, орієнтованими шліфувальними кругами з калібруючими ділянками та без них.

Рис.: 7. Бібл.: 16.

Постановка проблеми. У сучасних умовах розвитку на автомобілебудівних та машинобудівних заводах отримання високоточних торцевих поверхонь деталей пов'язане з високими вимогами до точності та продуктивності шліфування із застосуванням технологій сучасної механічної обробки. Це відноситься до обробки деталей, таких як штовхачі, клапани, пальці, стержні та ін.

Аналіз відомих результатів досліджень. Обробка торцевих поверхонь деталей на двосторонніх торцешліфувальних верстатах є більш ефективною в порівнянні з шліфуванням на односторонніх торцешліфувальних та плоскошліфувальних верстатах. При двосторонньому торцевому шліфуванні за рахунок одночасної обробки двох торців різних діаметрів, великих діаметрів шліфувальних кругів отримується більша точність торцевих поверхонь.

Провідна компанія світу Saturn (Німеччина) [1] здійснює обробку деталей на двосторонніх торцешліфувальних верстатах спареними шліфувальними кругами, орієнтованими в одній площині на невеликий кут, що при знятті великих припусків потребує декілька проходів. Обробка виконується торцевою поверхнею шліфувальних кругів,

геометрична похибка при цьому залежить від кута нахилу шліфувальних кругів та їх діаметрів. У цій схемі обробки необхідна точність досягається чистовим проходом.

У патенті [16] для підвищення точності шліфування вперше було запропоновано використовувати калібруючі ділянки шліфувальних кругів для обробки деталей з торцями однакового діаметру. Спосіб правки був досліджений також у роботах [4–9], правка калібруючих ділянок шліфувальних кругів відбувається алмазним олівцем з точковим контактом.

Розрахунок сил різання представлено в роботах [4–10]. У цих роботах не розглядається загальна модульна 3D-модель двостороннього торцевого шліфування штовхачів із різними діаметрами торців, що не обертаються та обертаються під час обробки. Також не досліджено вплив способу фіксації штовхачів на барабані, порядок чергування більшого та меншого діаметрів торців на геометричну точність формоутворення оброблюваних поверхонь. Не розглянуто вплив на продуктивність шліфування, при оберненому розташуванні деталей у барабані подачі, за рахунок, зменшення міжосьової відстані деталей, розміщених у барабані подачі виробів.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Маючи математичні моделі процесу обробки штовхачів, можемо обґрунтовано, більш ефективно керувати процесом обробки деталей. У роботах [2; 3] представлено модульне 3D-моделювання двостороннього торцешліфування деталей із циліндричними торцевими поверхнями. Для відповідності високим критеріям обробки деталей потрібно розробити взаємопов'язані модульні 3D-моделі інструмента та формоутворення, що описують процес двостороннього шліфування торцевих поверхонь штовхачів із різними діаметрами, орієнтованими шліфувальними кругами з калібруючими ділянками. Потрібно здійснити підвищення ефективності обробки деталей завдяки вдосконаленню способів двостороннього шліфування торців штовхачів із різними діаметрами орієнтованими профільованими шліфувальними кругами з калібруючими ділянками, за рахунок урівноваження сил різання, а також обертання оброблювальної деталі на калібруючій ділянці.

Мета статті. На базі модульної 3D-моделі процесів зняття припуску та формоутворення торцевих поверхонь деталей та шліфувальних кругів із калібруючими ділянками розрахувати точність оброблюваних поверхонь, сил різання, урівноважити дії сил різання на торцях із різними діаметрами, які призводять до імпульсів на барабані та торцях деталей при обробці. Підвищити точності формоутворення за рахунок використання шліфувальних кругів із калібруючими ділянками, довжина яких обирається залежно від діаметра деталі, оброблювальна деталь при цьому повинна зробити не менше одного оберту на калібруючій ділянці.

Виклад основного матеріалу. Розрахункову схему процесу двостороннього шліфування торців штовхачів різних діаметрів із розташуванням деталей більшими діаметрами з однієї сторони, меншими з іншої у барабані подачі зображено на рис. 1, а, з чергуванням діаметрів – рис. 1, б. Шліфувальні круги 2, 3 мають калібруючі ділянки 9. Заготовки б, закріплені в барабані подачі виробів 1, фіксують в осьовому та радіальному напрямках, що підвищує точність формоутворення. Міжосьова відстань між більшим і меншим діаметрами Lab, між меншими La та більшими Lb. Шліфувальні круги 3, 4 разом з бабками двостороннього торцешліфувального верстата 2, 5 повернуті на кути ψ у вертикальній та ϕ у горизонтальній площинах, поворот яких відбувається відносно сферичних шарнірів 8. Кути орієнтації шліфувальних кругів вибираються залежно від величини припуску. Правка чорнових ділянок шліфувальних кругів здійснюється алмазними олівцями 7, а правка калібруючих ділянок – алмазним олівцем 10.

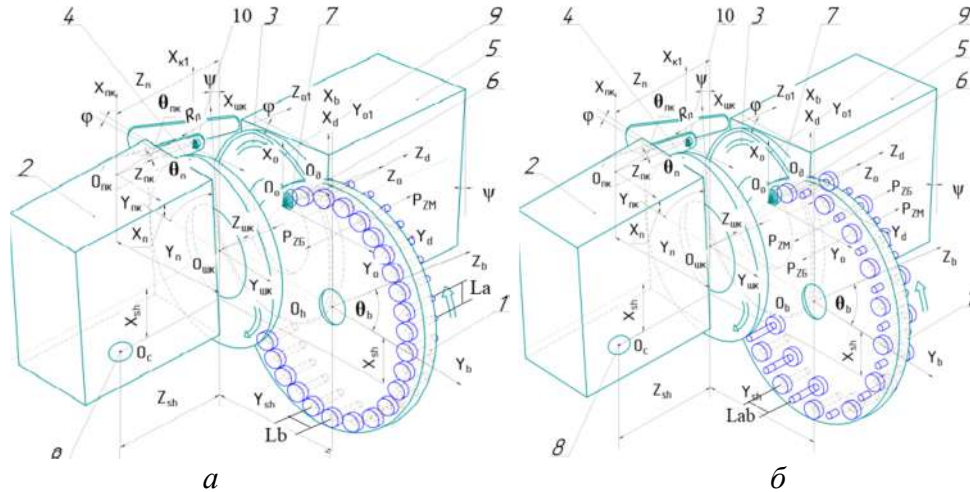


Рис. 1. Розрахункова схема формоутворення торців деталей різних діаметрів з двома способами розташування їх у барабані подачі

Запишемо радіус-вектор інструментальної поверхні шліфувального круга:

$$\bar{R}_{шк} = MC_{Z_{шк}(i)\theta_{шк}\cdot R_{шк}(i)}^I \cdot \bar{e}_4, \tag{1}$$

де $\theta_{шк}$ – кутовий параметр поверхні шліфувального круга.

$$MC_{Z_{шк}(i)\theta_{шк}\cdot R_{шк}(i)}^I = M_3(Z_{шк}(i)) \cdot M_6(\theta_{шк}) \cdot M_2(R_{шк}(i)). \tag{2}$$

Модульна 3D-модель формоутворення торцевих поверхонь описується добутком п'яти модулів: циліндричного інструментального $MC_{Z_{шк}(i)\theta_{шк}\cdot R_{шк}(i)}^I$, сферичного орієнтації $MS_{\varphi\psi\cdot X_c}^O$, прямокутного переносу $MP_{Z_c\cdot Y_c\cdot X_c}^{\Pi}$, циліндричного транспортування та подачі деталей $MC_{Z_b\theta_b\cdot Y_b}^T$, циліндричного формоутворення $MC_{Z_f\theta_f\cdot Y_f}^{\Phi}$ та системою зв'язків.

$$\bar{R}_D = MC_{Z_f\theta_f\cdot Y_f}^{\Phi} \cdot MC_{Z_b\theta_b\cdot Y_b}^T \cdot MP_{Z_c\cdot Y_c\cdot X_c}^{\Pi} \cdot MS_{\varphi\psi\cdot X_c}^O \cdot MC_{Z_{шк}(i)\theta_{шк}\cdot R_{шк}(i)}^I \cdot \bar{e}_4, \tag{3}$$

$$MC_{Z_b\theta_b\cdot Y_b}^T = M_3(Z_b) \cdot M_6(\theta_b) \cdot M_2(Y_b), \tag{4}$$

$$MC_{Z_f\theta_f\cdot Y_f}^{\Phi} = M_3(Z_f) \cdot M_6(\theta_f) \cdot M_2(R_{nf}), \tag{5}$$

$$MS_{\varphi\psi\cdot X_c}^O = M_4(\varphi) \cdot M_5(\psi) \cdot M_1(X_c) \tag{6}$$

$$MC_{Z_f\theta_f\cdot Y_f}^{\Phi} = M_3(Z_f) \cdot M_6(\theta_f) \cdot M_2(R_{nf}), \tag{7}$$

де Y_b, Z_b – координати оброблюваної деталі в системі координат барабана подачі, мм;

Z_f, θ_f, Y_f – аргументи однокоординатних матриць формоутворення, мм, °, мм.

Система зв'язків:

$$\left. \begin{aligned} X_c, Y_c, Z_c = const, \psi, \varphi = const, Y_b = R_b, \\ R_{шк} = R_{шк}(i), Z_{шк} = Z_{шк}(i), Y_f = Y_f(i), \\ Z_f = Z_f(\theta_b), Z_b = Z_b(\theta_b), \theta_f = k \cdot \theta_b, \end{aligned} \right\} \tag{8}$$

де $R_{шк}(i), Z_{шк}(i)$ – координати профілю шліфувального круга, які зв'язані між собою за допомогою i -го параметра, мм;

$Z_b(\theta_b)$ – координата оброблюваної деталі в системі координат подаючого барабана, яка змінюється залежно від кута повороту барабана подачі виробів θ_b , мм;

$Z_f(\theta_b), \theta_f(\theta_b)$ – координати формоутворення поверхні деталі, що змінюються залежно від кута повороту барабана подачі виробів θ_b , мм, °;

$Y_f(i)$ – координата профілю інструмента, при обробці деталей з некруглим профілем вона змінна по контуру, при обробці деталей з круглими торцевими поверхнями вона незмінна $R_{nf} = r_{dn}$, для більшого діаметра штовхача $Y_{1f} = r_{d1}$, для меншого діаметра – $Y_{2f} = r_{d2}$, мм.

Умова контакту профілів інструмента та деталі:

$$\frac{\partial \bar{R}_D}{\partial \theta_{ins}} \times \frac{\partial \bar{R}_D}{\partial i} \cdot \frac{\partial \bar{R}_D}{\partial \theta_b} = 0. \tag{9}$$

Перед обробкою деталей з торцями різних діаметрів на двосторонніх торцешліфувальних верстатах спочатку визначається величина припуску, що знімається під час шліфування. Якщо припуск невеликий, то доцільно виконувати обробку орієнтованими шліфувальними кругами без калібруючих ділянок [1]. У випадку обробки деталей зі зняттям великих припусків, перевіряється можливість обробки орієнтованими шліфувальними кругами без калібруючих ділянок з одностороннім розташуванням торців одного діаметра [13]. Такий варіант обробки обираємо, якщо похибка на торці більшого діаметра не більше допустимої. Для забезпечення обробки деталей за один прохід та необхідної точності обробки при великосерійному та масовому виробництві використовується спосіб шліфування орієнтованими кругами з калібруючими ділянками з одностороннім розташуванням торців одного діаметра. Калібруючі ділянки при цьому робляться різної довжини залежно від діаметра, відповідно більшого та меншого. Якщо цей спосіб не забезпечує необхідну точність, потрібно виконувати обробку орієнтованими шліфувальними кругами з калібруючими ділянками та орієнтацією деталей по чергово меншим та більшим діаметром, кількість деталей у зоні обробки повинна бути парною з метою забезпечення точності формоутворення, продуктивності та ефективності обробки деталей. Розрахунок точності формоутворення деталей здійснюється за програмою універсальної моделі точності формоутворення деталей із торцями різних діаметрів.

На рис. 2 зображено відхилення від площинності торця штовхача 1 при обробці шліфувальним кругом із калібруючою ділянкою, формоутворення відбувається найбільшим 4 та найменшим 3 діаметрами при обробці меншого (рис. 2, а, в) та більшого (рис. 2, б, з).

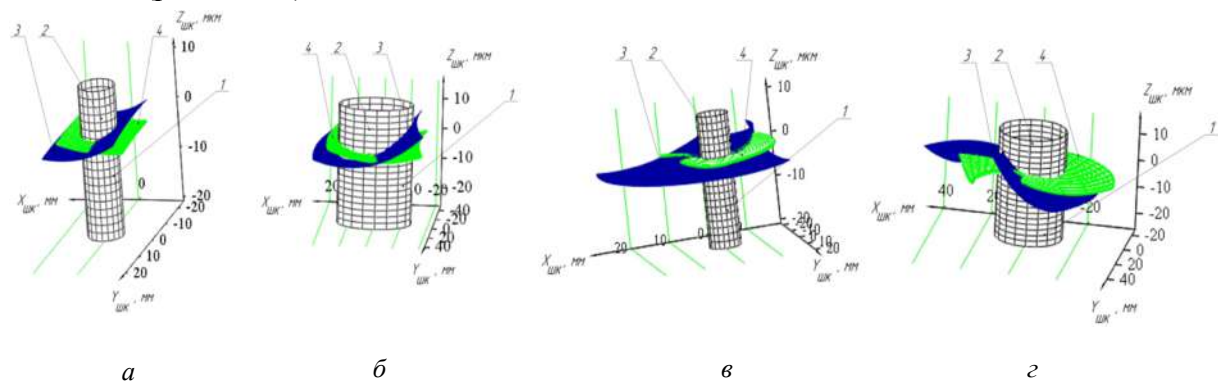


Рис. 2. Точність формоутворення торця штовхача при обробці шліфувальним кругом з калібруючою ділянкою деталей, що не обертаються під час обробки(а, б) та обертаються під час обробки(в, з)

На рис. 3 наведено графік похибки формоутворення торця штовхача діаметром 8 мм (рис. 3, а) та 28 мм (рис. 3, б) по контуру, де при обробці деталь фіксується та не обертається.

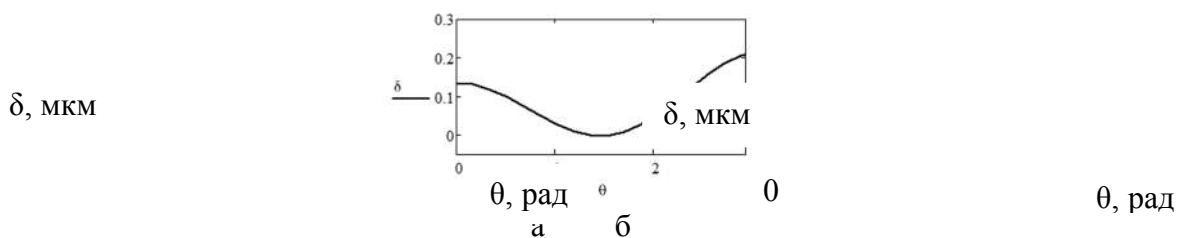


Рис. 3. Геометрична похибка формоутворення торців штовхачів

Як видно з рис. 3, а, б, величина похибки формоутворення збільшується зі збільшенням діаметра торця оброблюваної деталі.

На рис. 4 наведено графік похибки формоутворення торця штовхача діаметром 8 мм (рис. 4, а) та 28 мм (рис. 4, б) по контуру, де при обробці деталь обертається.

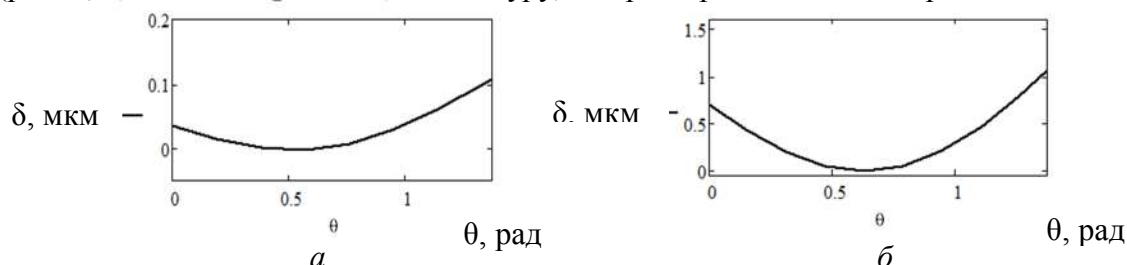


Рис. 4. Геометрична похибка формоутворення торців штовхачів

Як видно з графіків (рис. 3, 4) точність формоутворення більша при обертанні деталі, але симетричності торців буде нижче, якщо деталь не обертається під час обробки.

Сили, які виникають при шліфуванні торцевих поверхонь, визначаються згідно з роботами [9; 10].

На окреме зерно діють сили зсуву, тертя та інерції, для визначення їх проекцій в радіальному та тангенціальному напрямку скористаємося формулами [15]:

$$P_{Oz}^{\tau} = P_{zc}^{\tau} + P_{mp}^{\tau} + P_{in}^{\tau} = \tau_{zc} \cdot z \cdot \rho \cdot \left\{ \begin{array}{l} \frac{\sin(\beta + \varphi_{zc})}{\sin \beta \cdot \sin \varphi_{zc}} \cdot \sqrt{2 \frac{z}{\rho} + 2\pi\mu / (3\mu_{zc}) + \dots} \\ + \frac{\rho_m \cdot v \cdot (v - v_z \cdot \sin \gamma)}{\tau_{zc}} \cdot \sqrt{2 \frac{z}{\rho}} \end{array} \right\}, \quad (10)$$

$$P_{Oz}^n = P_{zc}^n + P_{mp}^n + P_{in}^n = \tau_{zc} \cdot z \cdot \rho \cdot \left\{ \begin{array}{l} \frac{\cos(\beta + \varphi_{zc})}{\sin \beta \cdot \sin \varphi_{zc}} \cdot \sqrt{2 \frac{z}{\rho} + 2\pi / (3\mu_{zc}) + \dots} \\ + \frac{\rho_m \cdot v \cdot v_z \cdot \cos \gamma}{\tau_{zc}} \cdot \sqrt{2 \frac{z}{\rho}} \end{array} \right\}, \quad (11)$$

де P_{Oz}^{τ} , P_{Oz}^n – тангенціальна та нормальна складові сили мікрорізання одиничним зерном, Н;

P_{zc}^n , P_{mp}^n , P_{in}^n – сили зсуву, тертя, інерції, Н;

τ_{zc} – напруги зсуву, які залежать від температури нагрівання матеріалу, Па;

z , ρ – глибина проникнення вершини зерна в матеріал заготовки та радіус її заокруглення, мм;

ρ_m – щільність матеріалу заготовки, кг/м³;

$\beta = 9^\circ$ – кут зсуву оброблюваного матеріалу;

v – швидкість різання м/с;

$v_z = v \sin \beta / \cos(\beta - \gamma)$ – проекція швидкості руху стружки на напрям переміщення зерна відносно матеріалу заготовки;

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

$\gamma = \arcsin(1 - z/2\rho)$ – передній кут ріжучої кромки, °;

μ_{zc}, μ – коефіцієнти тертя у площині зсуву та на задній поверхні кромки;

$\varphi_{zc} = \arctg \mu_{zc}$ – кут тертя у площині зсуву, °.

При шліфуванні товщина шару a_{zp} , що зрізується зерном, є основним елементом при аналізі процесу шліфування:

$$a_{zp} = S_{pk} \cdot n, \tag{12}$$

де S_{pk} – подача на ріжучу кромку, мм;

n – вектор одиничної нормалі.

Для визначення сумарної сили різання потрібно знайти пляму контакту та провести інтегрування [16]:

$$P_{\Sigma}^z = \iint_S P_{Oz}^z \cdot n_s(z, \rho) ds; \tag{13}$$

$$P_{\Sigma}^n = \iint_S P_{Oz}^n \cdot n_s(z, \rho) ds; \tag{14}$$

де $n_s(z, \rho)$ – кількість абразивних зерен, розташованих на глибині z окружності радіуса ρ ;

S – розмір плями контакту з урахуванням висоти мікронерівностей, мм².

Сили різання можна визначити за допомогою експериментально визначеної потужності, при шліфуванні більшого діаметра (28 мм) та меншого діаметра (8 мм), за формулою [11]:

$$Pz1_i = Npз1_i / V_i, \tag{15}$$

$$Pz2_i = Npз2_i / V_i, \tag{16}$$

де $Npз1_i, Npз2_i$ – потужності шліфування більшого та меншого торців деталі відповідно;

V_i – швидкість різання, яка визначається з [10]:

$$V_i = \frac{\pi \cdot D_i \cdot n}{60 \cdot 1000}, \tag{17}$$

де D_i – діаметр розташування центра деталі на поверхні шліфувального круга;

n – частота обертання шліфувального круга.

Потужність шліфування $N_{шл}$ однієї деталі одним інструментом визначаються з виразу [2]:

$$N_{шл} = a_{шл} \cdot Q_{шл}, \tag{18}$$

де $Q_{шл}$ – продуктивність шліфування, мм³/с;

$a_{шл}$ – питома потужність, що витрачається на зняття одиниці об'єму, визначається експериментально, Н/м².

На рис. 5 зображено графік активної потужності, яка витрачається на шліфування меншого (рис. 5, а) та більшого (рис. 5, б) торця штовхача.

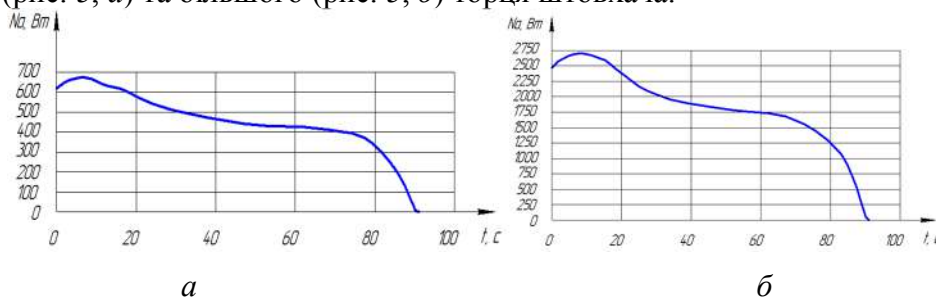


Рис. 5. Активна потужність

З виразу (15, 16) визначимо сили різання та побудуємо графіки залежності сил P_z від часу t меншого (рис. 6, *a*) та більшого (рис. 6, *б*) діаметрів.

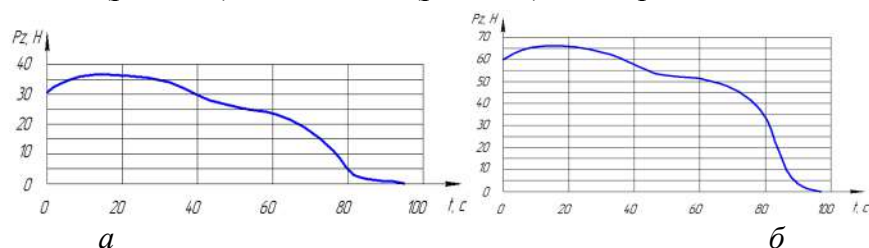


Рис. 6. Сили різання P_z

Будуємо графіки залежності сумарних сил $P_{z\Sigma}$ від часу t одностороннього розташування (рис. 7, *a*) та почергового розташування деталей (рис. 7, *б*) діаметрів.

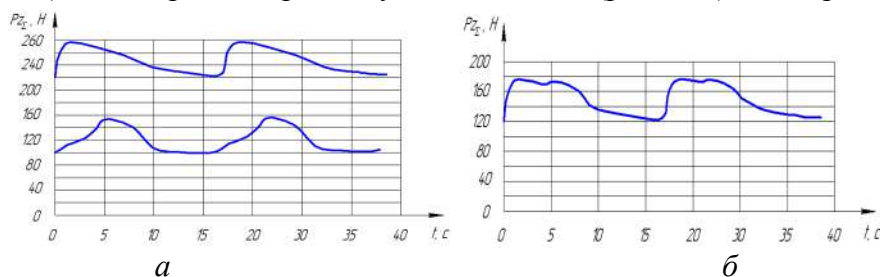


Рис. 7. Сумарні сили різання P_z

У зоні шліфування доцільна обробка парної кількості деталей, що забезпечить циклічність процесу. Зменшена міжосьова відстань між заготовками в барабані (рис. 1, *a*, *б* $L_b > Lab$), дозволить скомпенсувати стрімку зміну навантаження при послідовному вході заготовок у зону обробки, за рахунок чергування великих та малих діаметрів торців штовхачів (рис. 1, *б*, Lab).

Висновок. Проведено дослідження процесу шліфування торців різного діаметра штовхачів, способу кріплення штовхачів, виконано 3D-моделювання впливу способу фіксації штовхачів у барабані подачі виробів, на геометричну точність формоутворення. При кріпленні штовхачів нерухомо у втулках забезпечується підвищення симетричності торців, але збільшується геометрична похибка формоутворення. При обертанні деталей під час обробки геометрична точність формоутворення буде більше.

Запропоновано модульне 3D-моделювання інструментів, процесів зняття припуску та формоутворення торцевих поверхонь різних діаметрів деталей шліфувальними кругами з калібруючими ділянками, а кріплення деталей розташовується в барабані подачі виробів, почергово змінюючи менший та більший діаметри, що дозволить забезпечити високу точність формоутворення, продуктивність та ефективність обробки деталей. Зменшено міжцентрову відстань між деталями (рис. 1, Lab), що розташовуються в барабані подачі, для підвищення продуктивності шліфування. Зроблено розрахунок точності формоутворення торців штовхачів, що не обертаються та обертаються під час обробки. Підвищено точності формоутворення за рахунок калібруючої ділянки, довжина якої дорівнює більшому діаметру деталі, а оброблювальна деталь при цьому робить не менше одного оберту на калібруючій ділянці.

Уперше запропонована універсальна методика практичного використання моделі точності формоутворення торців деталей різних діаметрів, з різними способами орієнтації їх у просторі, орієнтованими шліфувальними кругами з калібруючими ділянками та без них. Усе це створює передумови для створення нових вискоелективних технологій та методів шліфування торців деталей із різним діаметром торців, а також їх подальшому впровадженню у виробничі процеси.

Список використаних джерел

1. *Saturn*. Торцевое шлифование спаренными шлифовальными кругами: [Журнал для клиентов фирмы «Junkermaschinen»] / ErwinJunker: Maschinenfabric GmbH, Junkerstraße 2. Postfach 25. D 77787. – Nordrash, Germany, 2005 – 8 с.
2. *Грабченко А. И.* Шлифование со скрещивающимися осями инструмента и детали : монография / А. И. Грабченко, В. И. Кальченко, В. В. Кальченко. – Чернигов : ЧГТУ, 2009. – 356 с.
3. *Кальченко В. В.* Наукові основи ефективного шліфування зі схрещеними осями абразивного інструменту та деталі : дис. ... д-ра техн. наук / В. В. Кальченко ; НТУ «ХПІ». – Х., 2006. – 489 с.
4. *Кальченко В. И.* Определение составляющих силы резания при глубинном шлифовании поверхностей вращения ориентированным эльборовым кругом / В. И. Кальченко, Н. Н. Погиба, Д. В. Кальченко // *Сверхтвердые материалы : научно-теоретический журнал*. – 2012. – № 2 (196). – С. 58–73.
5. *Determination Of Cutting Forces In Grinding With Crossed Axes Of Tool And Workpiece* / Volodymyr Kalchenko, Andriy Yeroshenko and others // *Acta mechanica et automatica*. – 2017. – Vol. 11, no. 1. – Pp. 58–63.
6. *Вайнер Л. Г.* Моделирование сил резания и характеристик съема припуска при двустороннем шлифовании торцов одиночной заготовки / Л. Г. Вайнер // *Новые материалы и технологии в машиностроении : сборник научных трудов по итогам международной научно-технической конференции*. – Брянск : БГИТА, 2011. – Вып. 14. – С. 14–17.
7. *Каминская В. В.* Расчетное определение сил резания при обработке торцов роликов на двухстороннем торцешлифовальном станке / В. В. Каминская, Л. Г. Вайнер // *Повышение эффективности использования технологического оборудования, гибких автоматизированных станочных комплексов : тезы докл. науч.-техн. конф.* – Комсомольск-на-Амуре : ХЦНТИ, 1985. – С. 12–13.
8. *Кальченко В. І.* Дослідження процесу шліфування торців орієнтованих деталей профільованими кругами / В. І. Кальченко, В. В. Кальченко, О. С. Следнікова // *Вісник Черкаського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки*. – 2016. – № 4 (2016). – С. 72–82.
9. *Филимонов Л. Н.* Плоское шлифование / Л. Н. Филимонов. – Л. : Машиностроение, 1985. – 109 с.
10. *Теоретичне та експериментальне дослідження процесів зняття припуску, зносу кругів, точності формоутворення та теплонапруженості під час шліфування торців деталей* / В. І. Кальченко, В. І. Венжега, О. С. Следнікова, Д. В. Кальченко // *Технічні науки та технології : науковий журнал*. – 2016. – № 4 (6). – С. 25–34.
11. *Кудинов В. А.* Динамика станков / В. А. Кудинов. – М. : Машиностроение, 1967. – 359 с.
12. *Братан С. М.* Разработка математической модели, учитывающей влияние отклонения профиля инструмента на динамику процесса врезного комбинированного шлифования / С. М. Братан, Д. А. Каинов, Н. А. Минаев // *Вісник СевНТУ. Серія: Машиноприладобудування та транспорт*. – 2010. – Вип. 111. – С. 17–25.
13. *Дослідження процесу двостороннього шліфування циліндричних деталей з торцями різних діаметрів орієнтованими шліфувальними кругами* / В. В. Кальченко, О. С. Следнікова, В. О. Винник, О. О. Литвин // *Технічні науки та технології : науковий журнал*. – 2017. – № 2 (8). – С. 40–48.
14. *Дослідження процесу двостороннього шліфування торців штовхача з різними діаметрами зі схрещеними осями кругів з плоскими торцями та деталей* / В. В. Кальченко, В. І. Венжега, О. О. Литвин, Д. В. Кальченко // *Високі технології в машинобудуванні / Харківський політехнічний інститут*. – 2017. – № 1 (27). – С. 59–68.
15. *Кальченко В. В.* Профільовання орієнтованих шліфувальних кругів. / В. В. Кальченко // *Вісник Чернігівського технологічного інституту*. – 1997. – № 3. – С. 14–19.
16. *Деклараційний патент 10636 Україна на винахід (корисну модель), МПК В24В5/04. Спосіб одночасного шліфування двох торців циліндричних деталей* / Кальченко В. В., Жадан О. В. ; заявник та патентовласник Кальченко В. В., Жадан О. В. – № u200505125 ; заявл. 30.05.05; опубл. 15.11.05, Бюл. № 1.

References

1. Saturn. Tortcevoe shlifovanie sparennymi shlifoval'nymi krugami: [Zhurnal dlia klientov firmy «Junkermaschinen»] [Saturn. Face grinding with twin grinding wheels: [Magazine for customers of the company «Junkermaschinen»] (2005). ErwinJunker: Maschinenfabric Gmbh, Junkerstraße 2. Postfach 25. D 77787. Nordrash, Germany (in Russian).
2. Grabchenko, A.I., Kalchenko, V.I. & Kalchenko, V.V. (2015). *Shlifovanie so skreshchiva-iushchimisia osiami instrumenta i detali* [Grinding with crossed tool axes and parts] (2nd ed., enl.). Chernigov: CHNTU (in Russian).
3. Kalchenko, V.V. (2006). *Naukovi osnovy efektyvnopo shlifuvannia zi skreshchenymy osiami abrazyvnopo instrumentu ta detali* [Scientific bases of effective polishing with crossed axes of abrasive tool and part]. *Doctor's thesis*. Kharkiv: NTU «KPI» (in Ukrainian).
4. Kalchenko, V.I., Pogiba, N.N. & Kalchenko, D.V. (2012). *Opredelenie sostavliaiushchikh sily rezaniia pri glubinnom shlifovanii poverkhnosti vrashcheniia orientirovannym elborovym krugom* [Determination of the components of the cutting force for deep grinding of surfaces of revolution by an oriented elbor wheel]. *Sverkhtverdye materialy – Superhard materials*, no. 2 (196), pp. 58–73 (in Russian).
5. Kalchenko, V.V., Yeroshenko, A.M., Boiko, S.V. & Sira, N.M. (2017). *Determination Of Cutting Forces In Grinding With Crossed Axes Of Tool And Workpiece*. *Acta mechanica et automatica*, vol. 11, no. 1, pp. 58–63.
6. Vainer, L.G. (2011). *Modelirovanie sil rezaniia i kharakteristik sema pripuska pri dvustoronnem shlifovanii tortcov odinochnoi zagotovki* [Simulation of the cutting forces and the stock removal performance at the bilateral ends of a single billet grinding]. *Novye materialy i tekhnologii v mashinostroenii FGBOU VPO Brianskaia gosudarstvennaia inzhenerno-tekhnologicheskaiia akademiia – New materials and technologies in mechanical engineering*. VPO Bryansk State Engineering and Technological Academy, issue 14, pp. 14–17 (in Russian).
7. Kaminskaia, V.V. & Vainer, L.G. (1985). *Raschetnoe opredelenie sil rezaniia pri obrabotke tortcov rolikov na dvukhstoronnem tortceshlifovalnom stanke* [Estimated determination of cutting forces during the processing of the ends of rollers on a two-sided face grinding machine]. *Proceedings from Povyshenie effektivnosti ispolzovaniia tekhnologicheskogo oborudovaniia, gibkikh avtomatizirovannykh stanochnykh kompleksov – Increasing the efficiency of using process equipment, flexible automated machine tools*. Komsomolsk-na-Amure: KhTcNTI, pp. 12–13 (in Russian).
8. Kalchenko, V.I., Kalchenko, V.V., Sliednikova, O.S. (2016). *Doslidzhennia protsesu shlifuvannia tortsiv oriientovanykh detalei profilovanykh kruhamy* [Research grinding process ends oriented profiled parts circles]. *Bulletin ChSTU. Series: Engineering – Cherkasy ChSTU*, no. 4 (2016), pp. 72–82 (in Ukrainian).
9. Filimonov, L.N. (1985). *Ploskoe shlifovanie* [Surface grinding]. Leningrad: Mashinostroenie (in Russian).
10. Kalchenko, V.I., Venzheha, V.I., Sliednikova, O.S. & Kalchenko, D.V. (2016). *Teoretychne ta eksperymentalne doslidzhennia protsesiv zniattia pryprysku, znosu kruhiv, tochnosti formoutvorennia ta teplonapruzhenosti pid chas shlifuvannia tortsiv detalei* [Theoretical and experimental researches of processes of removal of abandonment, wear of circles, accuracy of forming and heat stress during grinding of ends of parts]. *Tekhnichni nauky ta tekhnolohii – Technical sciences and technologies*, no. 4 (6), pp. 25-34 (in Ukrainian).
11. Kudinov, V.A. (1967). *Dinamika stankov* [Dynamics of machine tools]. Moscow: Mashinostroenie (in Russian).
12. Bratan, S.M., Kainov, D.A., Minaev, N.A. (2010). *Razrabotka matematicheskoi modeli, uchityvaiushchei vliianie otkloneniia profilii instrumenta na dinamiku protsesa vreznogo kombinirovannogo shlifovaniia* [Development of a mathematical model that takes into account the influence of the deviation of the tool profile on the dynamics of the combined combined grinding process]. *VisnikSevNTU. Serii: Mashinopriladobuduvannia ta transport – VisnykSevNTU. Series: Machine-tool construction and transport*. Sevastopol: VisnikSevNTU, no. 111, pp. 17–25 (in Russian).
13. Kalchenko V.V., Sliednikova O.S., Vynnyk V.O. & Lytvyn O.O. (2017) *Doslidzhennia protsesu dvustoronnoho shlifuvannia tsylindrychnykh detalei z tortsiamy riznykh diametriv oriientovanykh shlifoval'nymi kruhamy* [Investigation of the process of bilateral polishing of cylindrical parts

with ends of different diameters oriented oriented grinding circles]. *Tekhnichni nauky ta tekhnologii – Technical sciences and technologies*, no. 2 (8), pp. 40–48 (in Ukrainian).

14. Kalchenko, V.V., Venzheha V.I., Lytvyn, O.O., Kalchenko D.V. (2017). Doslidzhennia protsesu dvostoronnoho shlifuvannia tortsiv shtovkhacha z riznymi diametramy zi skhreshchenymy osiamy kruhiv z ploskymy tortsiamy ta detalei [Investigation of the process of bilateral polishing of the ends of the pusher with different diameters with crossed axes of circles with flat ends and parts]. *Vysoki tekhnologii v mashynobuduvanni – High technology in mechanical engineering*. Kharkiv: Kharkivskiy politekhnichnyi instytut, no. 1 (27), pp. 59–68 (in Ukrainian).

15. Kalchenko, V.V. (1997). Profiliuvannia oriientovanykh shlifovalnykh kruhiv [Profiling oriented oriented grinding wheels]. *Bulletin of the Chernihiv Technological Institute – Visnyk Chernihivskoho tekhnolohichnoho instytutu*, no. 3, pp. 14–19 (in Ukrainian).

16. Kalchenko, V.V. & Zhadan, O.V. (2005). *Sposib odnochasnoho shlifuvannya dvokh tortsiv tsylindrychnykh detalei [The method of simultaneous grinding of two ends of cylindrical parts]*. Deklaratsiyniy patent (Ukraine) № 10636, MPK V24V5/04.

UDC 621.92.42

Volodymyr Kalchenko, Volodymyr Venzheha, Oleksandr Lytvyn, Dmytro Kalchenko

INVESTIGATION OF THE PROCESS OF TWO-SIDED POLISHING OF DIFFERENT DIAMETERS OF THE PUSHERS ENDS WITH ORIENTATED CIRCLES WITH CALIBRATING SECTIONS

Urgency of the research. Ensuring of high performance and processing precision of faceplates of different diameters requires the development of new high-performance methods and processing modes.

Target setting. In today's conditions of development of automobile and machine-building plants, the receiving of high-precision end surfaces of parts is connected with high requirements for the accuracy and performance of grinding with the use of modern mechanical processing technologies and should have a large operational life.

Actual scientific researches and issues analysis. There are known methods for grinding parts with end faces of different diameters with oriented grinding wheels with and without calibration plots, as well as a modular 3D model of the surface to be machined when end faces grinding is used to calculate the accuracy of molding and removal of the droplet.

Uninvestigated parts of general matters defining. General modular 3D model of two-sided end grinding of pushers with different diameters of non-rotating and rotating end faces during processing, the influence of the method of fixing pushers in a drum, the order of alternating bigger and smaller end faces on the geometric accuracy of shaping of treated surfaces, the influence on grinding performance with the inverse of the location of the parts in the feed drum.

The research objective. On the basis of the modular 3D model of processes of abutting and forming of the end surfaces of parts and grinding wheels with calibration areas, to calculate the accuracy of the machined surfaces, the cutting forces, to balance the forces of cutting forces on the ends with different diameters, which lead to impulses on the drum and the ends of the parts during processing.

The statement of basic materials. The method of two-sided grinding of ends of different diameters orientated with grinding wheels with calibrated sections is suggested. The modular 3D modeling of tools, processes of abutment removal and shaping of end surfaces of various diameters of parts with grinding wheels with calibrated sections are offered, the parts are arranged alternately, changing the smaller and larger diameters, which will ensure high precision of molding and the performance of the parts processing. The centrifugal distance between the parts located in the feed drum is reduced.

Conclusions. The calculation of the accuracy of forming of the pusher ends, not rotating and rotating during processing is done. The accuracy of forming is increased due to the calibration area, the length of which is equal to the larger diameter of the part. For the first time a universal method of practical application of the model of the accuracy of forming the parts ends of various diameters with different orientation methods in the space, oriented grinding circles with and without calibration plots is suggested.

Key words: grinding; various diameters of the ends of parts; oriented grinding wheels; calibrating sections; calculation of cutting forces.

Fig.: 7. Bibl.: 16.

УДК 621.92.42

*Владимир Кальченко, Владимир Венжега, Александр Литвин, Дмитрий Кальченко***ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДВУХСТОРОННЕГО ШЛИФОВАНИЯ
РАЗНЫХ ДИАМЕТРОВ ТОРЦОВ ТОЛКАТЕЛЕЙ ОРИЕНТИРОВАННЫМИ
КРУГАМИ С КАЛИБРУЮЩИМИ УЧАСТКАМИ**

Предложено модульное трехмерное геометрическое моделирование инструментов, процесса снятия припуска и формообразования при двустороннем шлифовании торцов толкателей с разными диаметрами со скрещивающимися осями деталей и кругов с калибрующими участками, которые не вращаются и вращаются во время шлифования. Обработка деталей выполняется ориентированными профилированными шлифовальными кругами. Детали находятся в зоне обработки в четном количестве для уравнивания действия сил резания. Приведен расчет сил резания при шлифовании торцов толкателей разного диаметра.

Ключевые слова: шлифование; разные диаметры торцов деталей; ориентированные шлифовальные круги; калибрующие участки; расчет сил резания.

Рис.: 7. Библ.: 16.

Кальченко Володимир Віталійович – доктор технічних наук, професор, проректор з науково-педагогічної роботи, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

Кальченко Владимир Витальевич – доктор технических наук, профессор, проректор по научно-педагогической работе, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

Kalchenko Volodymyr – Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice-rector in Scientific and Pedagogical Work, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: vvkalchenko74@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9072-2976>

ResearcherID: G-6752-2014

Венжега Володимир Іванович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автомобільного транспорту та галузевого машинобудування, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

Вежега Владимир Иванович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры автомобильного транспорта и отраслевого машиностроения, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

Volodymyr Venzheha – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of road transport industry and mechanical engineering department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: venzhegavi@mail.ru

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8857-349X>

ResearcherID: H-3560-2014

Литвин Олександр Олександрович – аспірант кафедри інформаційних технологій та програмної інженерії, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

Литвин Александр Александрович – аспирант кафедры информационных технологий и программной инженерии, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

Lytvyn Oleksandr – PhD student of the Department of Information Technologies and Software Engineering, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine)

E-mail: xpower4718@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5243-3970>

ResearcherID: J-1479-2016

Кальченко Дмитро Володимирович – магістр, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

Кальченко Дмитрий Владимирович – магістр, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

Kalchenko Dmytro – master, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: itmia@ukr.net

Віталій Кальченко, Олена Следнікова, Володимир Винник, Наталія Сіра

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ДВОСТОРОННЬОГО ШЛІФУВАННЯ ТОРЦІВ ХРЕСТОВИН КАРДАННИХ ВАЛІВ ОРІЄНТОВАНИМИ ШЛІФУВАЛЬНИМИ КРУГАМИ З КАЛІБРУЮЧИМИ ДІЛЯНКАМИ

Актуальність теми дослідження. Забезпечення високої продуктивності та точності обробки торцевих поверхонь цапф хрестовин карданних валів потребує розробки нових, високоефективних способів обробки.

Постановка проблеми. На сучасних машинобудівних, автомобілебудівних, сільськогосподарських та інших підприємствах широко використовуються хрестовини карданних валів, які мають високі вимоги щодо точності та якості оброблених торцевих поверхонь та повинні мати великий ресурс експлуатації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомі способи шліфування деталей із торцями однакових діаметрів шліфувальними кругами з калібруючими ділянками та без них, також наведена модульна 3D-модель оброблюваної поверхні під час шліфування торців деталей, яку використовують для розрахунку точності формоутворення та зняття припуску.

Виділення не досліджених раніше частин загальної проблеми. Дослідження процесу шліфування торців цапф хрестовин карданних валів у реальному виробництві орієнтованими шліфувальними кругами з калібруючими ділянками та без них.

Постановка завдання. Метою статті є дослідження процесу двостороннього шліфування торців деталей та розрахунок сил різання, які виникають у процесі обробки.

Виклад основного матеріалу. Представлений спосіб двостороннього шліфування торців цапф хрестовин орієнтованими шліфувальними кругами з калібруючими ділянками, що забезпечує підвищення точності обробки. Запропоновано уникати суміщення входу однієї деталі в зону обробки та виходу з калібруючої ділянки іншої. Запропоновано універсальну методичку практичного використання моделі точності формоутворення торців цапф хрестовин торцями кругів із калібруючими ділянками та без них у реальному виробництві.

Висновки. Запропоновано спосіб двостороннього шліфування торців цапф хрестовин шліфувальними кругами з калібруючими ділянками та без них, що забезпечує підвищення точності обробки. Розроблено універсальну методичку практичного використання моделі точності формоутворення торців деталей. Розраховано сили різання при груповій обробці.

Ключові слова: шліфування; хрестовини карданних валів; шліфувальні круги; калібруючі ділянки; розрахунок сил різання.

Табл.: 1. Рис.: 9. Бібл.: 14.

Постановка проблеми. На сучасних машинобудівних, автомобілебудівних, сільськогосподарських та інших підприємствах широко використовуються хрестовини карданних валів, які мають високі вимоги щодо точності та якості оброблених поверхонь та повинні мати великий ресурс експлуатації деталей. При цьому необхідно забезпечити високу продуктивність їх обробки, що потребує розробки нових, більш ефективних способів шліфування торців хрестовин карданних валів.

Аналіз досліджень і публікацій. У роботі [1] розглядається двостороннє торцеве шліфування деталей спареними шліфувальними кругами без калібруючих ділянок. При знятті великих припусків обробка відбувається за декілька проходів.

У роботі [2] вперше описано двостороннє торцеве шліфування деталей орієнтованими кугами, які правляться перед обробкою алмазними олівцями, отримуючи при цьому чорнові та калібруючі ділянки.

У роботі [3] наведена модульна 3D-модель оброблюваної поверхні при двосторонньому шліфуванні торців деталей, яка використовуються для розрахунку точності формоутворення та зняття припуску для однієї деталі. Групова обробка деталей описана в монографії [4], але не наведено дослідження впливу фіксації деталей у барабані подачі виробів на точність формоутворення.

Дослідження обробки торців цапф хрестовин карданних валів також наведено в роботах [5; 6]. У [5] розглянуто двостороннє торцеве шліфування тільки однієї деталі. Автором [6] описано процес оброблення хрестовин на підприємстві, але не наведено дослідження впливу фіксації деталей у барабані подачі виробів на точність формоутворення.

Розрахунок сил різання, які виникають під час шліфування, наведено в [7–11], але для одиничної обробки деталей.

У роботі [12] написано програму 3D-моделювання інструментальних поверхонь та поверхонь деталей, розраховано точність формоутворення торцевих ороблюваних поверхонь.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Дослідження двостороннього торцевого шліфування торцевих поверхонь хрестовин карданних валів шліфувальними кругами з калібруючими ділянками на виробництві.

Виклад основного матеріалу. У реальному виробництві на ТОВ «Український кардан» для обробки торців хрестовин карданних валів легкових та вантажних автомобілів використовують двосторонні торцешліфувальні автомати моделі 3343 ПЦО, в яких відбувається групова безперервна обробка хрестовин карданних валів легкових та вантажних автомобілів, але деталі обробляються шліфувальними кругами з плоскими торцевими поверхнями, тобто калібруючі ділянки на них відсутні. Провівши аналіз літературних джерел, які неодноразово доводять, що використання шліфувальних кругів із калібруючими ділянками підвищують точність ороблюваних поверхонь, виникає необхідність побудувати математичну 3D-модель процесу шліфування, для визначення розрахункової точності та сил різання для групової обробки хрестовин карданних валів шліфувальними кругами з калібруючими ділянками.

Важливі складові характеристики хрестовин карданних валів, які впливають на точність ороблюваних поверхонь, наведені в таблиці.

Таблиця

Характеристики хрестовин

Характеристики	Матеріал	Твердість (на цапфах)	Термічна обробка	Діаметр цапфи
Типи хрестовин				
Для легкових автомобілів	Сталь 20Х ГОСТ 4543-71. Розмір зерна 5..8	HRC \geq 58	Цементация h 1,1..1,4 мм	16,3 мм
Для вантажних автомобілів	Сталь 60 ПП ТУ 14-1-1926-76	58...67 HRC	Цементация h 1,6..2,5 мм	25 мм

Під час обробки торців хрестовин карданних валів виникають значні сили різання, що потребує збільшення жорсткості барабана, спеціальних пристроїв, які фіксують деталі в осьовому та радіальному напрямках. Тому виникає необхідність розрахунку сил різання, визначення похибки формоутворення та деформації від дії цих сил. Також необхідно створити модульну 3D-модель процесу шліфування для визначення сил різання.

На рис. 1 зображено розрахункову схему процесу двостороннього шліфування торців цапф хрестовин карданних валів шліфувальними кругами 2, 3 з калібруючими ділянками 9. Заготовки 6, закріплені в барабані подачі виробів 1, фіксують в осьовому та радіальному напрямках. Шліфувальні круги 2, 3 разом із бабками двостороннього торцешліфувального верстата 4, 5 повернуті на кути ψ у вертикальній та φ в горизонтальній площинах, поворот яких відбувається відносно сферичних шарнірів 8. Кути орієнтації шліфувальних кругів вибираються залежно від величини припуску, що знімається з заготовки. Правка чорнових ділянок шліфувальних кругів здійснюється алмазними олівцями 7, а правка калібруючих ділянок – алмазним олівцем 10.

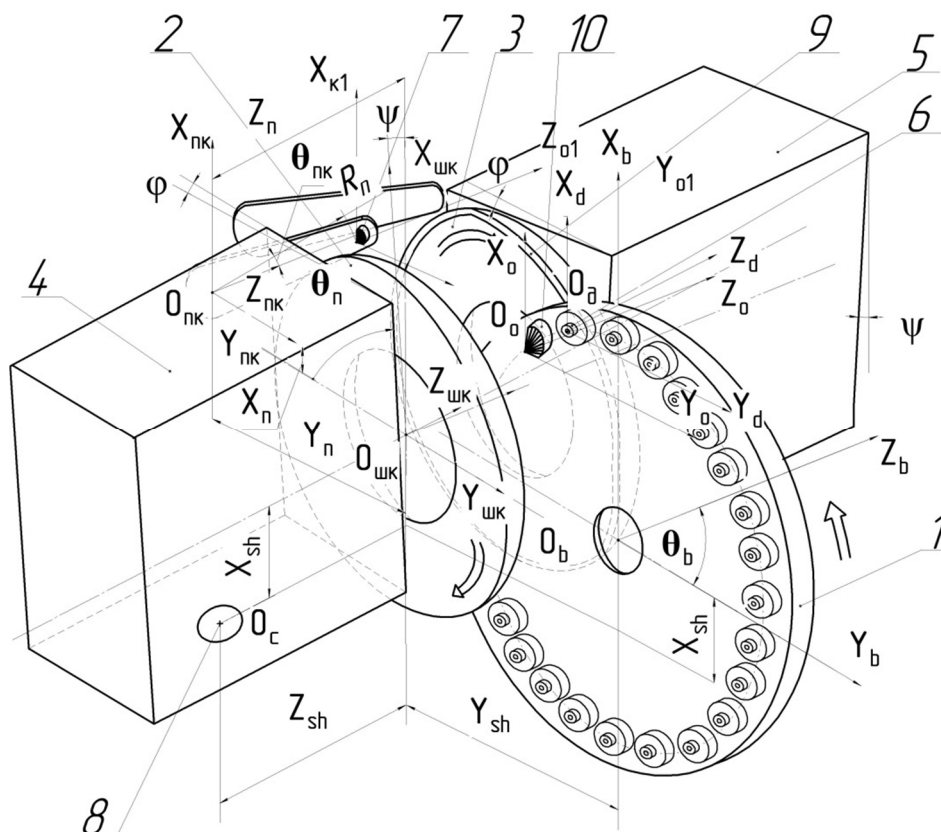


Рис. 1. Розрахункова схема формоутворення торців хрестовин карданних валів

Формоутворення торцевих поверхонь хрестовин у процесі обробки орієнтованими шліфувальними кругами здійснюється калібруючими ділянками, радіус-вектор яких описується рівнянням:

$$\bar{R}_{shk}(\theta_p, \theta) := C(0, \theta, 0) \cdot So(-X_{sh}, \phi, \psi) \cdot P(0, Y_{sh}, X_{sh}) \cdot C(Z_{sh}, -\theta_p, Y_b) \cdot \bar{e}_4, \quad (1)$$

де $C(Z_{sh}, -\theta_p, Y_b)$ – циліндричний модуль інструментальної поверхні; $P(0, Y_{sh}, X_{sh})$ – прямокутний модуль переносу; $So(-X_{sh}, \phi, \psi)$ – сферичний модуль орієнтації; $C(0, \theta, 0)$ – циліндричний модуль формоутворення; ϕ, ψ – кути повороту шліфувального круга; X_{sh}, Y_{sh}, Z_{sh} – координати розташування сферичного шарніра; θ, θ_p – параметри поверхні ріжучого інструмента; Y_b – радіус завантажувального барабана, на якому розташовані центри оброблюваних деталей.

Радіус-вектор поверхні деталі:

$$\bar{R}_{det}(\theta_o, \theta_p, \theta) := C(0, \chi, 0) \cdot Ct(-Y_b, \theta_o, 0) \cdot P(-Z_{sh}, -Y_{sh}, -X_{sh}) \cdot S(-\phi, -\psi, X_{sh}) \cdot \bar{R}_{shk}(\theta_p, \theta), \quad (2)$$

де $S(-\phi, -\psi, X_{sh})$ – сферичний модуль орієнтації; $P(-Z_{sh}, -Y_{sh}, -X_{sh})$ – прямокутний модуль переносу; $Ct(-Y_b, \theta_o, 0)$ – циліндричний модуль формоутворення; $C(0, \chi, 0)$ – циліндричний модуль, що відповідає за орієнтацію деталі відносно напрямку подачі; χ – обертання деталі; θ_o – кутова координата положення заготовки відносно системи координат круга.

Рівняння однопараметричного огинання має вигляд:

$$\left. \begin{aligned} X_{sh} = \text{const}, Y_{sh} = \text{const}, Z_{sh} = \text{const}, Y_b = \text{const}, \phi = \text{const}, \psi = \text{const} \\ \chi = \beta \cdot \theta_o. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

$$\frac{\partial \bar{R}_{det}}{\partial \theta} \times \frac{\partial \bar{R}_{det}}{\partial \theta_p} \cdot \frac{\partial \bar{R}_{det}}{\partial \theta_o} = 0.$$

Перед обробкою торців хрестовин карданних валів на двосторонніх торцешліфувальних верстатах спочатку визначається величина припуску, що знімається під час шліфування. Після цього перевіряється можливість обробки орієнтованими шліфувальними кругами без калібруючих ділянок. Такий варіант обробки обираємо, якщо похибка не більше допустимої. Якщо ця умова не задовольняється, при невеликій партії оброблюваних деталей, їх шліфування здійснюється за два проходи. З метою забезпечення однопрохідної обробки та необхідної точності шліфування деталей, при великосерійному та масовому виробництві використовується спосіб шліфування орієнтованими кругами з калібруючими ділянками. Розрахунок точності формоутворення деталей залежно від величини припуску, що знімається, здійснюється за програмою загальної моделі точності формоутворення.

На рис. 2 зображено відхилення від площинності торця цапфи хрестовини карданного вала, що не обертається під час обробки (рис. 2, а) та обертається під час обробки (рис. 2, б) при шліфуванні орієнтованими шліфувальними кругами з калібруючими ділянками.

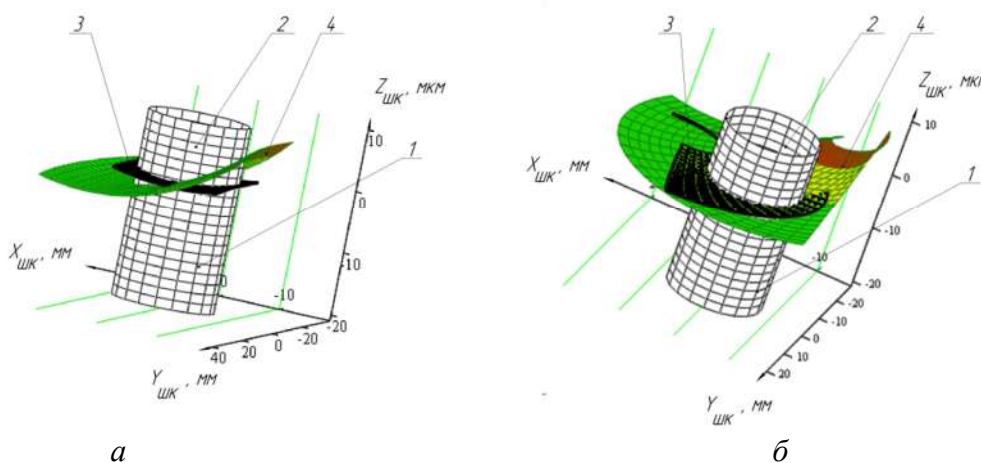


Рис. 2. Точність формоутворення торця хрестовини карданного вала:

1 – оброблювана деталь; 2 – припуск, що знімається, 3 – формоутворення поверхні найменшим радіусом калібруючої ділянки; 4 – формоутворення поверхні найбільшим радіусом калібруючої ділянки

На рис. 3 зображено барабан подачі виробів 3, де хрестовина карданного вала 1 кріпиться нерухомо у призмі 2, зверху притискається прихватом 4 і обробляється шліфувальними кругами 5, 6. Фіксація хрестовин забезпечує підвищення симетричності торців, але збільшується геометрична похибка формоутворення.

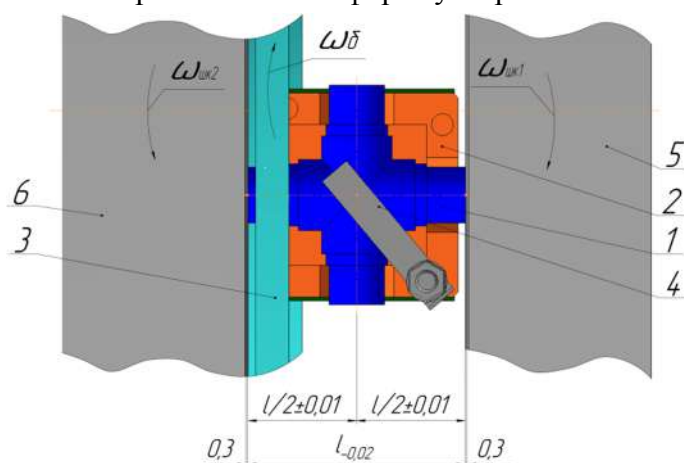


Рис. 3. Способи фіксації хрестовини карданного вала

На рис. 4 наведено графік похибки формоутворення торця хрестовини карданного вала діаметром цапфи 16,3 мм по контуру, де при обробці деталь фіксується в кутовому та осьовому напрямках та не обертається під час обробки.

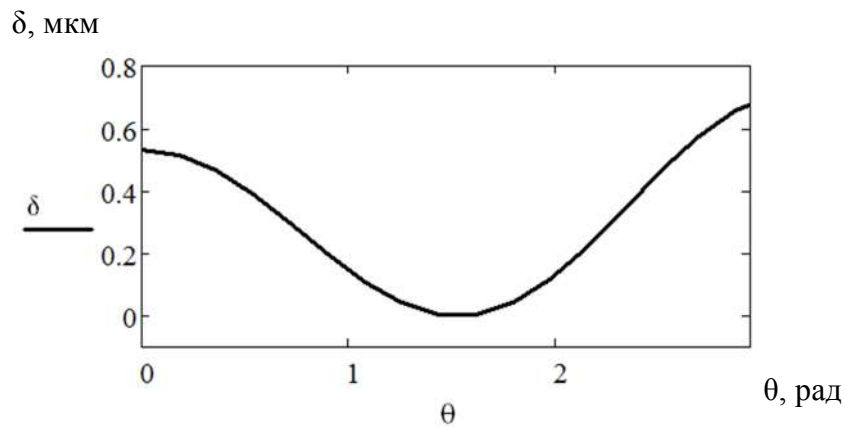


Рис. 4. Геометрична похибка формоутворення торців хрестовин карданних валів

На рис. 5 зображено графік залежності похибки формоутворення торця хрестовини карданного вала діаметром цапфи 16,3 мм, що обертається під час обробки.

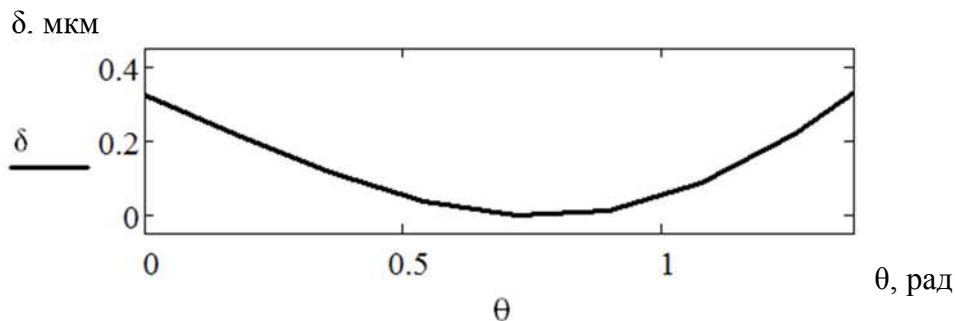


Рис. 5. Похибка формоутворення торця хрестовини карданного вала по координаті обробки

Як видно з графіків (рис. 4 та 5), під час обертання точність формоутворення більша. Сили при шліфуванні торцевих поверхонь можна визначити з [7–11].

Сили різання можна визначити за допомогою експериментально визначеної потужності за формулою [5]:

$$Pz_i = \frac{N_{шл_i}}{V_i}, \tag{4}$$

де $N_{шл_i}$ – потужність шліфування торців деталей;

V_i – швидкість різання, яка визначається з рівняння (5).

$$V_i = \frac{\pi \cdot D_{БП} \cdot n_{ШК}}{60 \cdot 1000}, \tag{5}$$

де $D_{БП}$ – діаметр розташування центра деталі на поверхні шліфувального круга;

$n_{ШК}$ – частота обертання шліфувального круга.

Визначена експериментально активна потужність при шліфуванні зображена на рис. 6.

На рис. 6 зображено графік активної потужності, яка витрачається на шліфування торця хрестовини карданного вала.

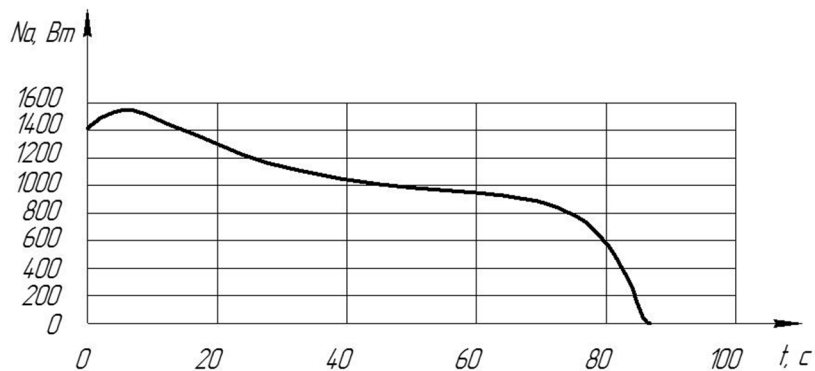


Рис. 6. Активна потужність N_a

З виразу (4) визначимо сили різання та побудуємо графік залежності сили P_z від часу t (рис. 7).

При вході деталі в зону обробки відбувається різке збільшення сили різання, при цьому виникає перехідний процес [14], що може призвести до збільшення похибки обробки, якщо інша деталь виходить із зони обробки, тому потрібно уникати входу однієї деталі в зону обробки та знаходження іншої на калібруючій ділянці.

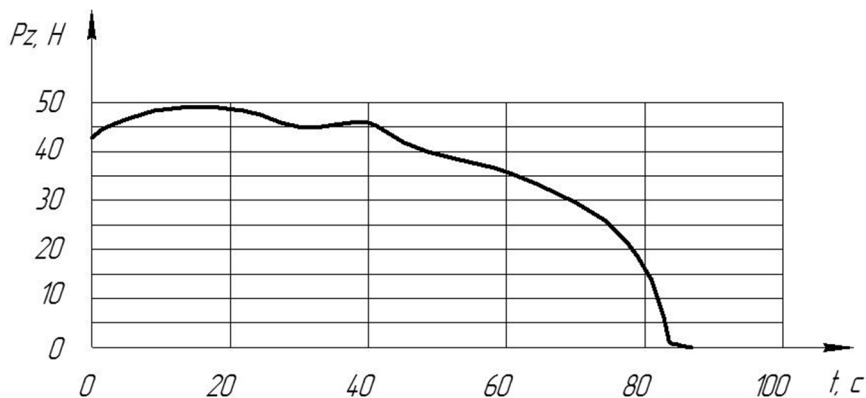


Рис. 7. Сила різання P_z

При вході деталі 2^1 в зону обробки 1^2 (рис. 8) не відбувається чистового шліфування деталі 2^2 на калібруючій ділянці 12, що забезпечить високу точність деталі 2^2 при її формоутворенні.

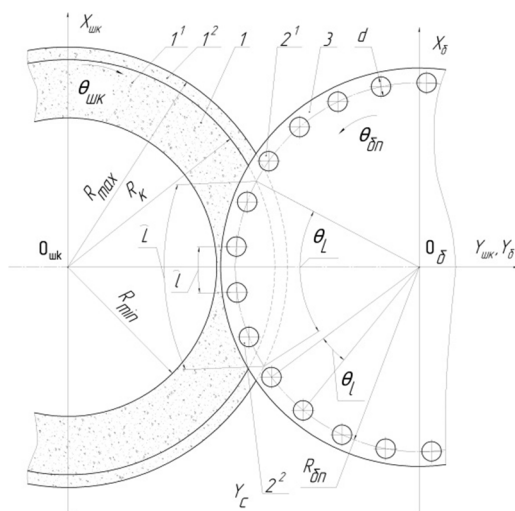


Рис. 8. Шліфування торців хрестовин карданних валів:

1 – шліфувальний круг, 1^1 – чорнова ділянка шліфувального круга, 1^2 – калібруюча ділянка шліфувального круга, $2^1, 2^2$ – оброблювані деталі, 3 – барабан подачі виробів

Число деталей m , які одночасно оброблюються на верстаті, визначається з виразу [13]:

$$m = L/l, \quad (6)$$

де $L=R_{\text{бп}} \cdot \theta_L$ – довжина дуги контакту, на радіусі $R_{\text{бп}}$ (рис. 8), подаючого барабана 3, деталі 2 з кругом 1 у межах кута θ_L ;

$l = R_{\text{бп}} \cdot \theta_1$ – відстань між деталями на радіусі $R_{\text{бп}}$ барабана подачі виробів.

Загальна сила різання визначається як сума сил різання при одночасній обробці всіх деталей у даний момент часу.

Сумарна сила буде змінюватись при проходженні деталі шляху l , після чого вона буде приймати ті ж значення при проходженні наступних деталей шляху l .

На рис. 9 наведено графік залежності сумарної сили $P_{z\Sigma}$ від часу обробки.

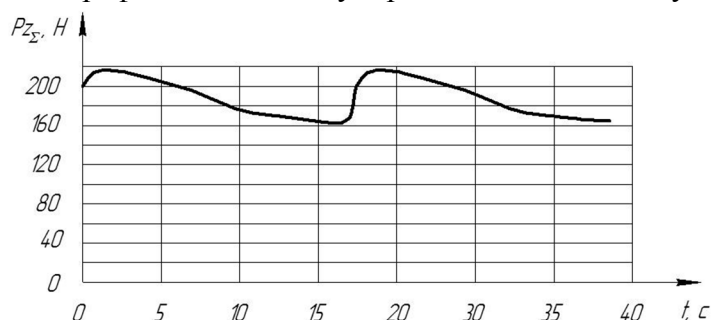


Рис. 9. Сумарна сила різання $P_{z\Sigma}$

Як бачимо (рис. 9), максимальна сила буде при входженні деталі в зону обробки, потім зменшується і знову зростає, коли входить друга деталь.

Висновки. Розроблено спосіб двостороннього шліфування хрестовин карданних валів шліфувальними кругами з калібруючими ділянками, що забезпечує підвищення точності обробки. Запропоновано універсальну методику практичного використання моделі точності формоутворення торців цапф хрестовин торцями кругів із калібруючими ділянками та без них у реальному виробництві. Розраховано сили різання при груповій обробці торців цапф хрестовин при двосторонньому торцевому шліфуванні.

У відомих способах шліфування при вході нових деталей в зону обробки виникає перехідний процес за рахунок значного збільшення сили різання, але в них розглядається одинична обробка деталей, що впливає на зниження точності обробки при чистовому шліфуванні на виході деталі із зони обробки, тому було запропоновано уникати суміщення входу однієї деталі в зону обробки та виходу з калібруючої ділянки іншої. Точність є важливою складовою сучасних вимог до обробки торців хрестовин карданних валів як легкових, так і вантажних автомобілів, тому підвищення точності оброблених деталей досягається необхідним значенням довжини калібруючої ділянки шліфувального круга, яка дорівнює діаметру цапфи хрестовини карданного вала.

Список використаних джерел

1. *Saturn*. Торцевое шлифование спаренными шлифовальными кругами: [Журнал для клиентов фирмы «Junkermaschinen»] / ErwinJunker: Maschinenfabric Gmbh, Junkerstraße 2. Postfach 25. D 77787. – Nordrash, Germany, 2005 – 8 с.

2. Деклараційний патент 10636 Україна на винахід (корисну модель), МПК В24В5/04. Спосіб одночасного шліфування двох торців циліндричних деталей / Кальченко В. В., Жадан О. В. ; заявник та патентовласник Кальченко В. В., Жадан О. В. – № u200505125 ; заявл. 30.05.05; опубл. 15.11.05, Бюл. № 1.

3. Кальченко В. І. Дослідження процесу шліфування торців орієнтованих деталей профільованими кругами / В. І. Кальченко, В. В. Кальченко, О. С. Следнікова // Вісник Черкаського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки. – 2016. – № 4 (2016). – С. 72–82.

4. *Грабченко А. И.* Шлифование со скрещивающимися осями инструмента и детали : монография / А. И. Грабченко, В. И. Кальченко, В. В. Кальченко. – Издание 2-е, дополненное. – Чернигов : ЧНТУ, 2015. – 504 с.
5. *Теоретичне та експериментальне дослідження процесів зняття припуску, зносу кругів, точності формоутворення та теплонапруженості під час шліфування торців деталей / В. І. Кальченко, В. І. Венжега, О. С. Следнікова, Д. В. Кальченко // Технічні науки та технології : науковий журнал. – 2016. – № 4 (6). – С. 25–34.*
6. *Кальченко В. В.* Наукові основи ефективного шліфування зі схрещеними осями абразивного інструменту та деталі : дис. ... д-ра техн. наук / В. В. Кальченко ; НТУ «ХП». – Х., 2006. – 489 с.
7. *Кальченко В. И.* Определение составляющих силы резания при глубинном шлифовании поверхностей вращения ориентированным эльборовым кругом / В. И. Кальченко, Н. Н. Погиба, Д. В. Кальченко // Сверхтвердые материалы : научно-теоретический журнал. – 2012. – № 2 (196). – С. 58–73.
8. *Determination Of Cutting Forces In Grinding With Crossed Axes Of Tool And Workpiece / Volodymyr Kalchenko, Andriy Yeroshenko and others // Acta mechanica et automatica. – 2017. – Vol. 11, no. 1. – Pp. 58–63.*
9. *Филимонов Л. Н.* Плоское шлифование / Л. Н. Филимонов. – Л. : Машиностроение, 1985. – 109 с.
10. *Вайнер Л. Г.* Моделирование сил резания и характеристик съема припуска при двустороннем шлифовании торцов одиночной заготовки / Л. Г. Вайнер // Новые материалы и технологии в машиностроении : сборник научных трудов по итогам международной научно-технической конференции. – Брянск : БГИТА, 2011. – Вып. 14. – С. 14–17.
11. *Каминская В. В.* Расчетное определение сил резания при обработке торцов роликов на двухстороннем торцешлифовальном станке / В. В. Каминская, Л. Г. Вайнер // Повышение эффективности использования технологического оборудования, гибких автоматизированных станочных комплексов : тезы докл. науч.-техн. конф. – Комсомольск-на-Амуре : ХЦНТИ, 1985. – С. 12–13.
12. *Венжега В.І.* Підвищення ефективності шліфування торців при схрещених осях деталі та круга з калібрувальною ділянкою : дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.03.01 / Венжега Володимир Іванович. – Х., 2009. – 214 с.
13. *Дослідження процесу двостороннього шліфування циліндричних деталей з торцями різних діаметрів орієнтованими шліфувальними кругами / В. В. Кальченко, О. С. Следнікова, В. О. Винник, О. О. Литвин // Технічні науки та технології : науковий журнал. – 2017. – № 2 (8). – С. 40–48.*
14. *Кудинов В. А.* Динамика станков / В. А. Кудинов. – М. : Машиностроение, 1967. – 359 с.

References

1. *Saturn. Tortcevoe shlifovanie sparennymi shlifoval'nymi krugami: [Zhurnal dlia klientov firmy «Junkermaschinen»] [Saturn. Face grinding with twin grinding wheels: [Magazine for customers of the company «Junkermaschinen»] (2005). ErwinJunker: Maschinenfabric Gmbh, Junkerstraße 2. Postfach 25. D 77787. Nordrash, Germany (in Russian).*
2. *Kalchenko, V.V. & Zhadan, O.V. (2005). Sposib odnochasnoho shlifuvannya dvokh tortsiv tsylindrychnykh detalei [The method of simultaneous grinding of two ends of cylindrical parts]. Deklaratsiinyi patent (Ukraina) № 10636, MPK V24V5/04.*
3. *Kalchenko, V.I., Kalchenko, V.V., Sliednikova, O.S. (2016). Doslidzhennia protsesu shlifuvannya tortsiv oriientovanykh detalei profilovanymy kruhamy [Research grinding process ends oriented profiled parts circles]. Bulletin ChSTU. Series: Engineering – Cherkasy ChSTU, no. 4 (2016), pp. 72–82 (in Ukrainian).*
4. *Grabchenko, A.I., Kalchenko, V.I. & Kalchenko, V.V. (2015). Shlifovanie so skreshchivaiushchimisia osiami instrumenta i detali [Grinding with crossed tool axes and parts] (2nd ed., enl.). Chernigov: CHNTU (in Russian).*
5. *Kalchenko, V.I., Venzheha, V.I., Sliednikova, O.S. & Kalchenko, D.V. (2016). Teoretychne ta eksperymentalne doslidzhennia protsesiv zniattia pryprysku, znosu kruhiv, tochnosti formoutvorennia ta teplonapruzenosti pid chas shlifuvannya tortsiv detalei [Theoretical and experimental researches of removal of abandonment, wear of circles, accuracy of forming and heat stress during grinding of ends of parts]. Tekhnichni nauky ta tekhnolohii – Technical sciences and technologies, no. 4 (6), pp. 25-34 (in Ukrainian).*

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

6. Kalchenko, V.V. (2006). Naukovi osnovy efektyvnogo shlifuvannia zi skreshchenymy osiamy abrazyvnopo instrumentu ta detali [Scientific bases of effective polishing with crossed axes of abrasive tool and part]. *Doctor's thesis*. Kharkiv: NTU «KPI» (in Ukrainian).

7. Kalchenko, V.I., Pogiba, N.N. & Kalchenko, D.V. (2012). Opredelenie sostavliaiushchikh sily rezaniia pri glubinnom shlifovanii poverkhnostei vrashcheniia orientirovannym elborovym krugom [Determination of the components of the cutting force for deep grinding of surfaces of revolution by an oriented elbor wheel]. *Sverkhtverdye materialy – Superhard materials*, no. 2 (196), pp. 58–73 (in Russian).

8. Kalchenko, V.V., Yeroshenko, A.M., Boiko, S.V. & Sira, N.M. (2017). Determination Of Cutting Forces In Grinding With Crossed Axes Of Tool And Workpiece. *Acta mechanica et automatica*, vol. 11, no. 1, pp. 58–63.

9. Filimonov, L.N. (1985). *Ploskoe shlifovanie [Surface grinding]*. Leningrad: Mashinostroenie (in Russian).

10. Vainer, L.G. (2011). Modelirovanie sil rezaniia i kharakteristik sema pripuska pri dvustoronnem shlifovanii tortcov odinochnoi zagotovki [Simulation of the cutting forces and the stock removal performance at the bilateral ends of a single billet grinding]. *Novye materialy i tekhnologii v mashinostroenii FGBOU VPO Brianskaia gosudarstvennaia inzhenerno-tekhnologicheskaiia akademiia – New materials and technologies in mechanical engineering*. VPO Bryansk State Engineering and Technological Academy, issue 14, pp. 14–17 (in Russian).

11. Kaminskaia, V.V. & Vainer, L.G. (1985). Raschetnoe opredelenie sil rezaniia pri obrabotke tortcov rolikov na dvukhstoronnem tortceshlifovalnom stanke [Estimated determination of cutting forces during the processing of the ends of rollers on a two-sided face grinding machine]. Proceedings from *Povyshenie effektivnosti ispolzovaniia tekhnologicheskogo oborudovaniia, gibkikh avtomatizirovannykh stanochnykh kompleksov – Increasing the efficiency of using process equipment, flexible automated machine tools*. Komsomolsk-na-Amure: KhTcNTI, pp. 12–13 (in Russian).

12. Venzheha, V.I. (2009). Pidvyshchennia efektyvnosti shlifuvannia tortsiv pry skreshchenykh osiakh detali ta kruha z kalibruvalnoiu diliankoiu [Improved grinding ends with crossed axes and circle details of calibration plot]. *Candidate's thesis*. Kharkiv: National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute» (in Russian).

13. Kalchenko V.V., Sliednikova O.S., Vynnyk V.O. & Lytvyn O.O. (2017) Doslidzhennia protsesu dvustoronnoho shlifuvannia tsylindrychnykh detalei z tortsiamy riznykh diametriv oriento-vanyamy shlifovalnymy kruhamy [Investigation of the process of bilateral polishing of cylindrical parts with ends of different diameters oriented oriented grinding circles]. *Tekhnichni nauky ta tekhnologii – Technical sciences and technologies*, no. 2 (8), pp. 40–48 (in Ukrainian).

14. Kudinov, V.A. (1967). *Dinamika stankov [Dynamics of machine tools]*. Moscow: Mashinostroenie (in Russian).

UDC 621.923

Vitalii Kalchenko, Olena Sliednikova, Volodymyr Vynnyk, Nataliia Sira

INVESTIGATION OF THE PROCESS OF TWO-SIDED POLISHING OF CARDAN SHAFTS CROSSWALKS WITH ORIENTATED GRINDING CIRCLES WITH CALIBRATING SECTIONS

Urgency of the research. Providing high performance and precision for machining the end surfaces of the stud pinions of the drive shafts requires the development of new, highly efficient machining methods.

Target setting. On modern machine-building, automotive, agricultural and other enterprises, the universal joints of cardan shafts are widely used, which have high requirements for the accuracy and quality of machined end surfaces and must have a long service life.

Actual scientific researches and issues analysis. There are known methods of grinding parts with identical diameter ends by grinding wheels with and without calibrating sections, and also a modular 3D model of the machined surface is provided for grinding the ends of the parts used to calculate the accuracy of shaping and removing the allowance.

Uninvestigated parts of general matters defining. Investigation of the process of grinding the butt ends of the crankshafts of cardan shafts in real production by oriented grinding wheels with and without calibrating sections.

The research objective. The aim of the article is to investigate the process of two-sided grinding of the ends of parts and calculation of the cutting forces that arise during machining.

The statement of basic materials. The presented method of two-sided polishing of the ends of the cross-hinge-oriented grinding wheels with calibrated sections, which ensures an increase in the accuracy of the machining. It is proposed to avoid the combination of the entry of one part into the processing zone and the exit from the calibrating section of the other. A universal technique for the practical use of the accuracy model for the shaping of the butt ends of the crests by the ends of circles with and without calibration areas in real production is proposed.

Conclusions. The proposed method for two-sided grinding of the ends of the studs of crosses by grinding wheels with calibrating sections and without them, which ensures an increase in the accuracy of processing. A universal technique for the practical use of the accuracy model for the shaping of the ends of parts is proposed. Calculated cutting forces for group processing.

Key words: grinding; crosses; propeller shafts; grinding wheels; celebritysee plots; calculation of cutting forces.

Tabl.: 1. Fig.: 9. Bibl.: 14.

УДК 621.923

Віталій Кальченко, Елена Следникова, Владимир Винник, Наталия Серая

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДВУСТОРОННЕГО ШЛИФОВАНИЯ ТОРЦОВ КРЕСТОВИН КАРДАННЫХ ВАЛОВ ОРИЕНТИРОВАННЫМИ ШЛИФОВАЛЬНЫМИ КРУГАМИ С КАЛИБРУЮЩИМИ УЧАСТКАМИ

Исследован процесс двустороннего шлифования торцов крестовин карданных валов легковых и грузовых автомобилей. При шлифовании торцов крестовин карданных валов калибрующие участки кругов предложено делать равной диаметру цапфы крестовины. Приведены формулы расчета сил резания при двустороннем торцевом шлифовании. При входе крестовины в зону обработки происходит переходный процесс, который негативно влияет на точность обработки детали, которая выходит из зоны обработки, поэтому необходимо располагать детали так, чтобы не происходило формообразования торцов одной детали и вход другой детали.

Ключевые слова: шлифование; крестовины карданных валов; шлифовальные круги; калибрующие участки; расчет сил резания.

Tabl.: 1. Рис.: 9. Bibl.: 14.

Кальченко Віталій Іванович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автомобільного транспорту та галузевого машинобудування, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

Кальченко Віталій Іванович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой автомобильного транспорта и отраслевого машиностроения, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

Kalchenko Vitalii – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Road Transport and Industrial Engineering Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027, Chernihiv, Ukraine).

E-mail: kalchenkovi@ukr.net

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9850-7875>

ResearcherID: G-9477-2014

Следнікова Олена Сергіївна – асистент, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

Следникова Елена Сергеевна – ассистент, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

Sliednikova Olena – assistant, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027, Chernihiv, Ukraine).

E-mail: s_lena_s@bigmir.net

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5444-1747>

ResearcherID: N-4430-2015

Винник Володимир Олександрович – аспірант, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

Винник Владимир Александрович – аспирант, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

Vynnyk Volodymyr – PhD student, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027, Chernihiv, Ukraine).

E-mail: vowavynnyk7@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4179-5765>

ResearcherID: F-8938-2016

Сіра Наталія Миколаївна – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобільного транспорту та галузевого машинобудування, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

Серая Наталия Николаевна – кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильного транспорта и отраслевого машиностроения, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

Sira Nataliia – PhD in Technical Sciences, Associate Professor of Department of Automobile Transport and Sectoral Machine Building, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: nnseraya@ukr.net

Іван Хоменко

МЕТОД ПРОГРАМУВАННЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ СИЛ, ЩО ДІЮТЬ НА ДНИЩЕ ПОРШНЯ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

Актуальність теми дослідження. Сучасні методи розрахунку машин потребують широкого застосування програмних методів дослідження.

Постановка проблеми. Використання персональних комп'ютерів при проектних роботах, у навчальному процесі – при курсовому й дипломному проектуваннях – дозволяє суттєво скоротити час розрахунків, отримати надійні результати.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Традиційно у процесі розрахунку на міцність основних деталей кривошипно-шатунного механізму (КШМ) поршневого двигуна внутрішнього згоряння попередньо визначають сумарну силу, що діє на днище поршня, від тиску газів у надпоршневому просторі й сил інерції, що виникають під час руху деталей КШМ. Далі здійснюють додавання (переважно графічним способом) результуючих сил тиску газів і сил інерції за робочий цикл двигуна.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Недостатня кількість робіт з визначення сумарної сили тиску газів і сил інерції, що діють на днище поршня, в яких використовуються програмні методи вказаного визначення.

Постановка завдання. Метою статті є визначення максимального значення сумарної сили й відповідного кута повороту колінчастого вала за допомогою програмування. При цьому визначення тиску газів у надпоршневому просторі циліндра двигуна здійснюється традиційним методом теплового розрахунку.

Виклад основного матеріалу. Метод викладено у супроводі чисельного розрахунку для дизеля з наддувом, проте він може бути використаний і для бензинового двигуна.

Вихідні дані (основні одиниці виміру – подано в системі СІ).

Наведено алгоритм визначення сил тиску газів, сил інерції й результуючої сили, відповідні формули для використання на персональному комп'ютері, побудовано графіки за допомогою комп'ютера, визначено максимальне значення результуючої сили й кута повороту колінчастого вала для цього випадку.

Висновки. При визначенні результуючої сили від сил тиску газів і сил інерції, що діють на днище поршня двигуна внутрішнього згоряння, алгоритм розрахунку й побудову графіків можна спростити, скориставшись програмуванням і системою MathCad.

Наведений приклад розв'язання поставленої задачі свідчить про доцільність запропонованого методу під час визначення силового навантаження на деталі двигуна й автомобіля. Метод за наведеним алгоритмом може використовуватись як для дизелів, так і для бензинових двигунів.

Ключові слова: комп'ютер; дизель; сили тиску газів і сили інерції.

Рис.: 9. Табл.: 1.

Вступ. Для розрахунку на міцність основних деталей кривошипно-шатунного механізму поршневого двигуна внутрішнього згоряння попередньо визначають сумарну силу, що діє на днище поршня, від тиску газів у надпоршневому просторі й сил інерції, що виникають під час руху деталей кривошипно-шатунного механізму (КШМ).

Щоб визначити результуючу силу від тиску газів проводять тепловий розрахунок двигуна, у результаті чого будують індикаторну діаграму та її розгортку за робочий цикл двигуна (кут повороту колінчастого вала (к.в.) при цьому становить 720°). Для визначення результуючої від сил інерції враховують кінематичні характеристики й масу деталей КШМ, віднесених до поршня, які разом з поршнем здійснюють поступальний рух. Сили інерції також визначають залежно від кута повороту к. в. за робочий цикл двигуна. Далі здійснюють додавання (переважно графічним способом) результуючих сил тиску газів і сил інерції за робочий цикл двигуна.

При подальших розрахунках на міцність деталей двигуна й автомобіля, як правило, необхідно знати максимальне значення сумарної сили й відповідного кута повороту к. в. Для цього використовують підсумкові графік або таблицю.

Метою статті є визначення максимального значення сумарної сили й відповідного кута повороту к. в. за допомогою програмування. При цьому визначення тиску газів у надпоршневому просторі циліндра здійснюється традиційним методом теплового розрахунку.

Виклад основного матеріалу. Метод викладено у супроводі чисельного розрахунку для дизеля, проте він може використовуватись і для бензинового двигуна.

Вихідні дані (основні одиниці виміру – в системі СІ):

$D := 0,075$ – діаметр циліндра; $S := 0,082$ – хід поршня; $R := S/2$ – радіус кривошипа; $P_0 := 0,1034$ – атмосферний тиск, МПа; $\epsilon := 20$ – степінь стиску; $\lambda z := 1,26$ – степінь підвищення тиску при згорянні палива; $\lambda := 0,32$ – відношення радіуса кривошипа до довжини шатуна; $\rho p := 1,7$ – степінь попереднього розширення; $n := 4500$, хв^{-1} – частота обертання к. в.; $n_1 := 1,358$ – показник політропи стиску; $n_2 := 1,238$ – показник політропи розширення; $i := 0 \dots 720$ – індекс значення кута повороту к. в. $\phi_i := i$ – поточне значення кута повороту к. в. V_h – робочий об'єм циліндра, м^3 .

$$V_h := \pi \cdot D^2 \cdot S / 4; V_h = 3,623 \times 10^{-4} \text{ м}^3; V_c \text{ – об'єм камери згоряння, } \text{м}^3; V_c := V_h / (\epsilon - 1).$$

$$V_c = 1,907 \times 10^{-5} \text{ м}^3; V_a \text{ – повний об'єм циліндра, } \text{м}^3; V_a := V_h + V_c; V_a = 3,813 \times 10^{-4} \text{ м}^3.$$

P_k – тиск наддуву, МПа; $P_k := 1,4 \cdot P_0$. $P_k = 0,145$. P_a – тиск у кінці процесу впуску, МПа.

ΔP_a – втрати тиску в результаті опору у впускному колекторі. Для двигунів з наддувом $\Delta P_a := 0,1 \cdot P_k$. $\Delta P_a = 0,014$. $P_a := P_0 - \Delta P_a$ – для двигунів без наддуву; $P_a := P_k - \Delta P_a$ – для двигунів з наддувом. Для двигуна з наддувом $P_a = 0,13$. P_c – тиск у кінці процесу стиску.

$$P_c := P_a \cdot \epsilon^{n_1}, \text{ МПа. } x := \epsilon, y := n_1, P_c := P_a \cdot x^y. P_c = 7,615.$$

$$P_z \text{ – максимальний тиск в циліндрі, МПа. } P_z := P_c \cdot \lambda z. P_z = 0,595$$

$$\delta p := \epsilon / \rho p, \delta p = 11,765.$$

P_b – тиск у кінці процесу розширення, МПа. $P_b := P_z / \epsilon^{n_2}$ – для бензинових двигунів; $P_b := P_z / \delta p^{n_2}$ – для дизелів $P_b = 0,454$.

P_r – тиск залишкових газів, МПа. $P_r := (1,05 \dots 1,25) P_0$ – для автортакторних двигунів без наддуву. $P_r := (0,75 \dots 0,98) P_0$ – для автортакторних двигунів з наддувом.

Прийнявши для дизеля з наддувом значення коефіцієнта 0,98, знаходимо тиск залишкових газів $P_r = 0,142$.

S_0 – умовна відстань між днищем поршня і головкою циліндра при положенні поршня у верхній мертвій точці (ВМТ), м. $S_0 := 2R / (\epsilon - 1)$, $S_0 = 4,316 \times 10^{-3}$.

Позначимо P_r – тиск газів у циліндрі двигуна, МПа. Його значення для різних тактів робочого циклу двигуна визначаються за формулами, наведеними в таблиці.

Таблиця 1

Формули для визначення тиску газів у циліндрі при різних тактах робочого циклу двигуна

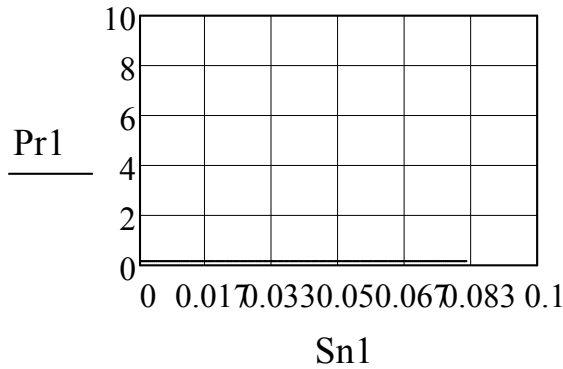
Впуск	0...180	$P_r = P_a = P_0 - 0,98 \cdot P_k = \text{const}$
Стиск	180...360	$P_r = P_c / ((S_n + S_0) / S_0)^{n_1}$
Розширення	360...540	$P_r = P_z / ((S_n + S_0) / \rho p \cdot S_0)^{n_2}$
Випуск	540...720	$P_r = P_r = \text{const}$

Визначаємо значення параметрів і показників відповідно до тактів робочого циклу двигуна; будуємо відповідні графіки й таблиці.

Для такту **впуску** тиск приймається сталим. Значення показників і параметрів наведено на рис. 1.

$$i := 0 \dots 179 \quad \phi_{i1} := i \quad P_{r1i} := P_a$$

$$S_{n1} := R \cdot \left[1 - \cos\left(\frac{\phi_{i1} \cdot \pi}{180}\right) + \frac{\lambda}{4} \cdot \left(1 - \cos\left(2 \cdot \phi_{i1} \cdot \frac{\pi}{180}\right) \right) \right]$$



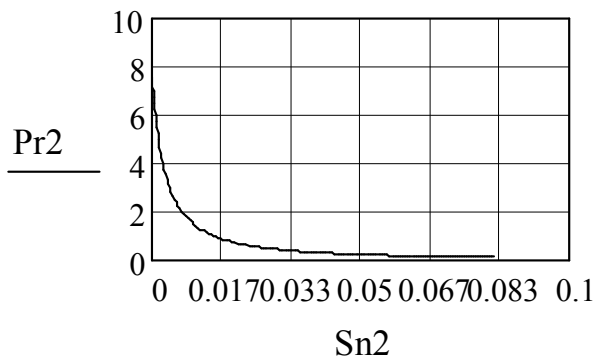
	0
0	0.13
1	0.13
2	0.13
3	0.13
4	0.13
5	0.13
6	0.13
7	0.13
8	0.13
9	0.13
10	0.13
11	0.13
12	0.13
13	0.13
14	0.13
15	...

Рис. 1. Значення показників і параметрів при такті впуску двигуна

При такті **стиску** тиск у циліндрі двигуна змінюється за політропою. Значення показників і параметрів наведено на рис. 2.

$$i := 0..179 \quad \phi2_i := i + 180$$

$$Sn2 := R \cdot \left[1 - \cos\left(\frac{\phi2 \cdot \pi}{180}\right) + \frac{\lambda}{4} \cdot \left(1 - \cos\left(2 \cdot \phi2 \cdot \frac{\pi}{180}\right) \right) \right]$$



$$Pr2 := \frac{Pc}{\left(\frac{Sn2 + S_0}{S_0}\right)^{n_1}}$$

Рис. 2. Значення показників і параметрів при такті стиску двигуна

При такті **розширення (робочий хід)** тиск в циліндрі двигуна також змінюється за політропою. Значення показників і параметрів наведено на рис. 3.

$$i := 0 .. 179 \quad \phi3_i := i + 360$$

$$Sn3 := R \cdot \left[1 - \cos\left(\frac{\phi3 \cdot \pi}{180}\right) + \frac{\lambda}{4} \cdot \left(1 - \cos\left(2 \cdot \phi3 \cdot \frac{\pi}{180}\right) \right) \right]$$

$$Pr3a := \frac{Pz}{\left(\frac{Sn3 + S_0}{\rho p \cdot S_0}\right)^{n_2}} \quad Pr3_i := \begin{cases} Pz & \text{if } Pr3a_i \geq Pz \\ Pr3a_i & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Pr3 =$$

0	9.595
1	9.595
2	9.595
3	9.595
4	9.595
5	9.595
6	9.595
7	9.595
8	9.595
9	9.595
10	9.595
11	9.595
12	9.595
13	9.595
14	9.595
15	...

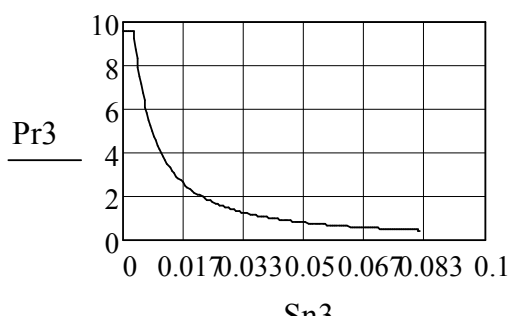


Рис. 3. Значення показників і параметрів при такті розширення двигуна

Для такту **випуску** тиск приймається сталим. Значення показників і параметрів наведено на рис. 4.

$$i := 0 .. 180 \quad \phi4_i := i + 540 \quad Pr4_i := Pr$$

$$Sn4 := R \cdot \left[1 - \cos\left(\phi4 \cdot \frac{\pi}{180}\right) + \frac{\lambda}{4} \cdot \left(1 - \cos\left(2 \cdot \phi4 \cdot \frac{\pi}{180}\right) \right) \right]$$

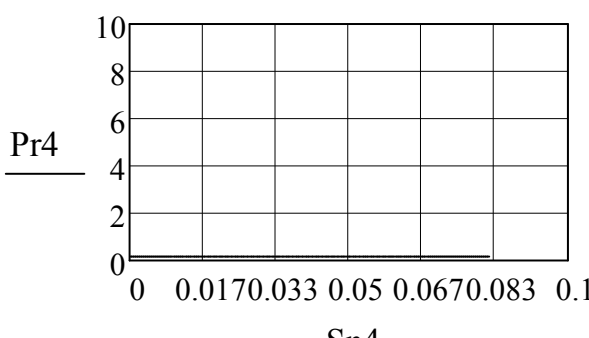
$$Pr = 0.142$$


Рис. 4. Значення показників і параметрів при такті випуску двигуна

Для побудови графіка індикаторної діаграми у згорнутому вигляді в системі MathCad необхідно к्लюкнути по осі ординат наведені вище значення Pr1, Pr2, Pr3, Pr4 (рис. 5).

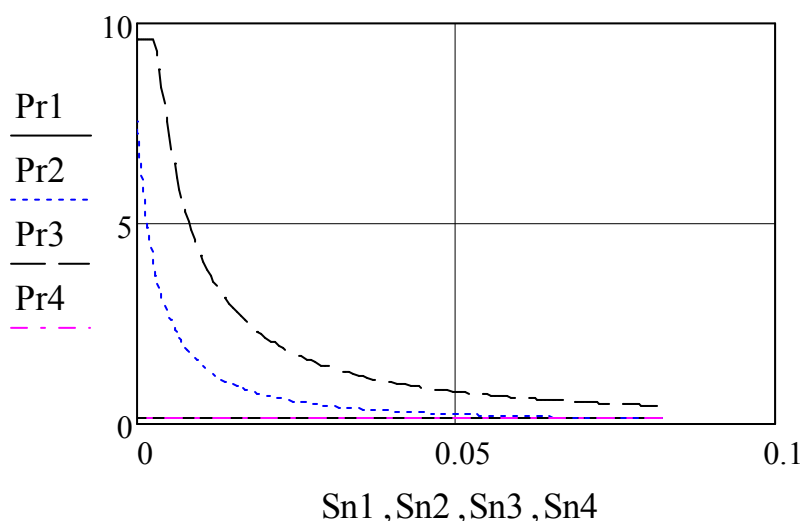


Рис. 5. Індикаторна діаграма у згорнутому вигляді

Для побудови індикаторної діаграми у розгорнутому вигляді вектори газових сил об'єднуємо в один вектор, використовуючи оператор послідовного об'єднання векторів – stack. Перейменовуємо вектор об'єднання.

$$Pr := \text{stack}(Pr1, Pr2, Pr3, Pr4) \quad Pr' := Pr$$

Вектори кутів повороту кривошипу к. в. також об'єднуємо в один вектор та здійснюємо перейменування останнього за тим же оператором.

$$\Phi' := \text{stack}(\Phi1, \Phi2, \Phi3, \Phi4) \quad \Phi := \Phi'$$

Розгорнута індикаторна діаграма показує надлишковий відносно атмосферного тиску, який визначається за формулою, графік якої наведено на рис. 6.

$$Pr := Pr' - P_0$$

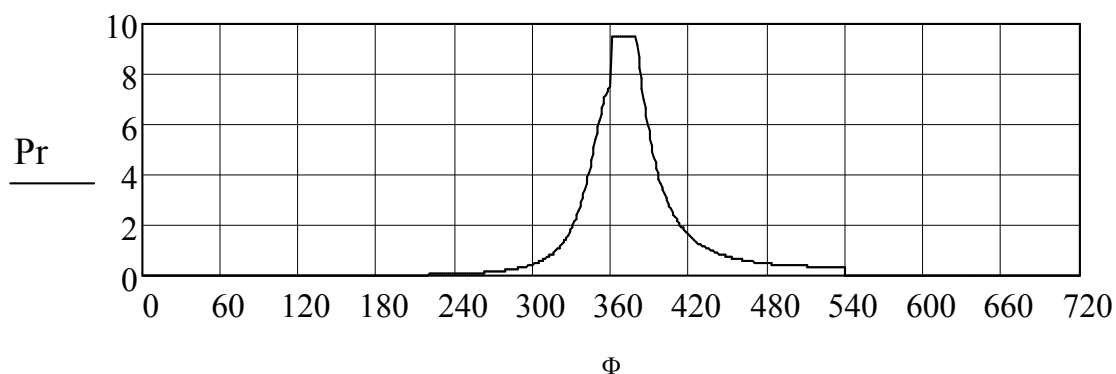


Рис. 6. Розгортка індикаторної діаграми

Сила, що діє на днище поршня від тиску газів, визначається за наведеною нижче формулою, графік якої зображено на рис. 7.

$$Pr := \text{stack}(Pr1, Pr2, Pr3, Pr4) \cdot \frac{\pi \cdot D^2 \cdot 10^6}{4} \quad \Phi := \text{stack}(\Phi1, \Phi2, \Phi3, \Phi4)$$

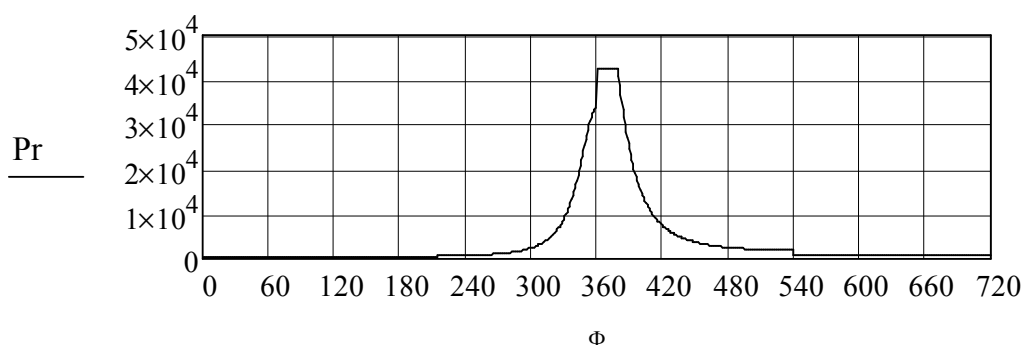


Рис. 7. Графік сили, що діє на днище поршня

Нижче наведено формули для визначення сили інерції P_j , а також графік її зміни за робочий цикл двигуна (рис. 8). Для побудови графіка P_j – натиснути мишкою.

$$m := 0.500 \quad n := 4500 \quad \omega := \frac{\pi \cdot n}{30} \quad j := 0..720$$

$$P_j := -m \cdot R \cdot \omega^2 \cdot \left(\cos\left(\Phi_j \cdot \frac{\pi}{180}\right) + \lambda \cdot \cos\left(2 \cdot \Phi_j \cdot \frac{\pi}{180}\right) \right)$$

$$P_j := P$$

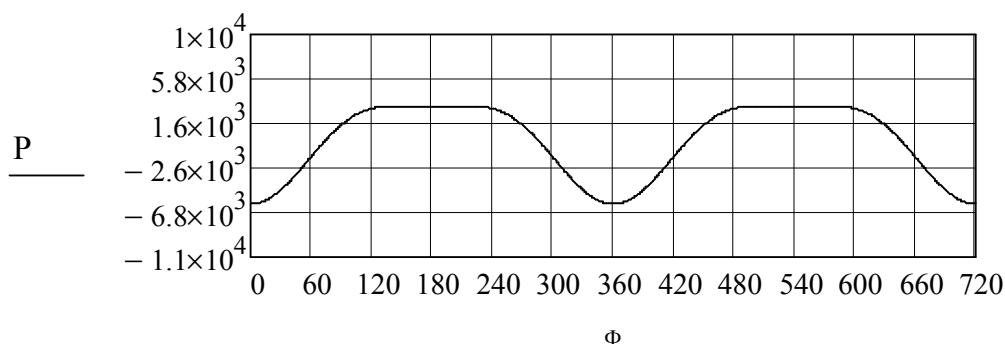


Рис. 8. Графік зміни сил інерції за робочий цикл двигуна

Сумарна сила від тиску газів і сил інерції визначається за такою формулою

$$Pr := \text{stack}(Pr1, Pr2, Pr3, Pr4) \cdot \frac{\pi \cdot D^2 \cdot 10^6}{4} + P$$

$$\Phi := \text{stack}(\Phi1, \Phi2, \Phi3, \Phi4)$$

Графік сумарної сили від тиску газів і сил інерції, що діють на днище поршня, наведено на рис. 9 (на рисунку натиснути мишкою по Pr).

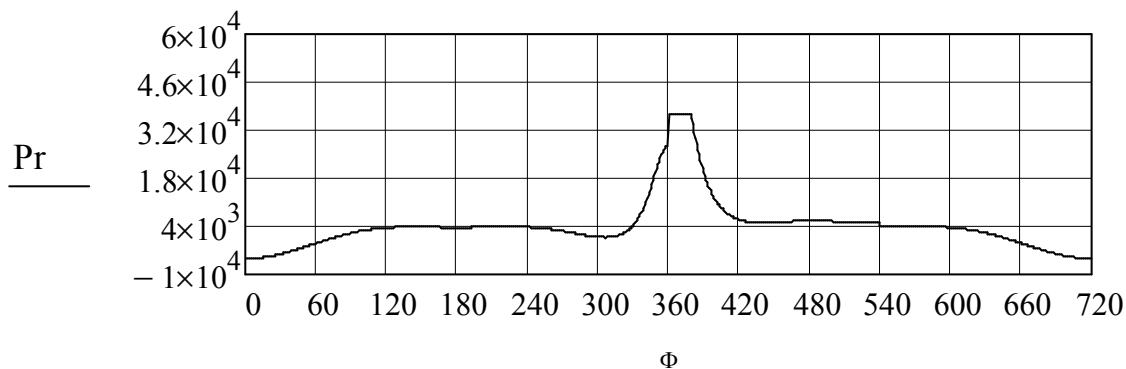


Рис. 9. Графік сумарної сили від тиску газів і сил інерції, які діють на днище поршня

Максимальне значення сумарної сили, що діє на днище поршня, дорівнює 3694 Н при значенні кута повороту κ . $\Phi = 379^0$ (визначається з таблиці $P_r=f(\Phi)$).

Висновки. При визначенні результуючої сили від сил тиску газів і сил інерції, що діють на днище поршня двигуна внутрішнього згорання, алгоритм розрахунку й побудову графіків можна спростити, скориставшись програмуванням і системою MathCad.

Наведений приклад розв'язання поставленої задачі свідчить про доцільність запропонованого методу при визначенні силового навантаження на деталі двигуна й автомобіля. Метод за наведеним алгоритмом може використовуватись як для дизелів, так і для бензинових двигунів.

UDK 621.822.3

Ivan Khomenko

THE METHOD OF PROGRAMMING TO DETERMINE THE FORCES ACTING ON THE BOTTOM OF THE PISTON OF THE INTERNAL COMBUSTION ENGINE

Actuality of research theme. The modern methods of calculation of machines require wide use of programmatic methods of research.

Problem setting. Using of personal computer for project works, in an educational process - at the course and diploma planning - allows shortening the time of calculations substantially, getting reliable results.

Analysis of the last researches and publications. Traditionally at a calculation on durability of basic details of crank-type-piston-rod mechanism (CTM) of reciprocator of internal combustion preliminary determine total force, that operates on the bottom of piston from pressure of gases in super piston space and forces of inertia, which arise up at motion of details CTM. Farther carry out addition (by a mainly graphic method) of resulting them forces to pressure of gases and forces of inertia for the duty cycle of engine.

Selection of unexplored parts of general issue. Insufficient amount of works on determination of total force of pressure of gases and forces of inertia, that operate on the bottom of piston, the programmatic methods of the indicated determination are used in that.

Task setting. The aim of the article is determination of maximal value of total force and corresponding corner of turn of crankshaft by means of programming. Thus determination of pressure of gases in superpiston space to the cylinder of engine comes true by the traditional method of thermal calculation.

Exposition of basic material. A method is expounded escorted by numeral calculation for a diesel with a supercharge, however he can be used for a petrol engine. A weekend is given (basic units - it is given in the si-system) : An algorithm over of determination of forces of pressure of gases, forces of inertia and resulting force is brought, corresponding formulas for the use on personal computer, graphic arts are built by means of computer, the maximal value of resulting force and corner of turn is certain.

Conclusions. At determination of resulting force from forces of pressure of gases and forces of inertia, that operate it is possible to simplify on the bottom of piston of engine of internal combustion, algorithm of calculation and construction of charts, taking advantage of programming and system Math Cad. Made an example of decision of the put task testifies about expedience of the offered method at determination of the power loading on the detail of engine and car. A method after the brought algorithm over can be used both for diesels and for petrol engines.

Key words: Computer; Diesel; force of pressure of gases and forces of inertia.

Fig.: 9. Tabl.: 1.

УДК 621.822.3

Иван Хоменко

МЕТОД ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА ДНИЩЕ ПОРШНЯ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

В работе приведен метод расчета и построения диаграмм сил давления газов и сил инерции, которые действуют на днище поршня при работе поршневого двигателя внутреннего сгорания.

Ключевые слова: компьютер; дизель; силы давления газов и силы инерции.

Рис.: 9. Табл.: 1.

Хоменко Иван Михайлович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автомобільного транспорту та галузевого машинобудування, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

Хоменко Иван Михайлович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры автомобильного транспорта и отраслевого машиностроения, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

Khomenko Ivan – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Motor Transport and Branch Engineer Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: Ivan.Khomenko@gmail.com

УДК 621.9.06

DOI: 10.25140/2411-5363-2017-3(9)-44-52

*Антоніна Кологойда, Геннадій Пасов***ВИКОРИСТАННЯ САПР ПРИ РОЗРАХУНКУ ТА ПРОЕКТУВАННІ
КОРОБОК ШВИДКОСТЕЙ ВЕРСТАТІВ**

Актуальність теми дослідження. Сучасні тенденції розвитку промисловості вимагають від інженерів високого рівня володіння ЕОМ, зокрема, спеціалізованими інженерними програмними продуктами.

Постановка проблеми. Важливим завданням підготовки спеціалістів є вивчення базових принципів розрахунку, проектування та моделювання різноманітних механізмів, а також ознайомлення з найбільш розповсюдженими програмними комплексами для вирішення цих завдань.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У багатьох роботах розглянуто анімаційне моделювання механізмів та вузлів металорізальних верстатів. Проаналізовано особливості використання у навчальному процесі симуляторів.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Розглянуто переваги використання просторових та анімаційних моделей у навчальному процесі. Однак спеціаліст повинен вміти не тільки використовувати попередні напрацювання, але й виконувати власні розрахунки та на їх базі проводити моделювання будови та роботи механізмів.

Постановка завдання. Головною метою роботи є розрахунок, проектування та тривимірне моделювання коробки швидкостей верстата.

Виклад основного матеріалу. Наведено методика та розроблено програми розрахунку основних параметрів коробки швидкостей металорізальних верстатів. Наведено приклад виконання графіка частот обертання, діаграми потужності приводу та конструктивного варіанта коробки швидкостей. З метою візуалізації коробки швидкостей та перевірки просторового розміщення елементів приводу проведено її просторове моделювання.

Висновки. Запропонована методика розрахунку основних параметрів приводу головного руху металорізальних верстатів та проведено 3D моделювання коробки швидкостей на прикладі модернізації верстата 16K20Ф3.

Ключові слова: коробка швидкостей; проектування; тривимірне моделювання; САПР; CALS.

Рис.: 9. Бібл.: 3.

Постановка проблеми. Сучасні тенденції розвитку промисловості та тотальна комп'ютеризація й автоматизація усіх можливих етапів виробництва вимагає від інженерів високого рівня володіння ЕОМ в цілому та, зокрема, спеціалізованими програмними продуктами, що спрощують та підвищують ефективність розрахунку, конструювання та виготовлення певного виробу. Отже, головним завданням підготовки спеціалістів є вивчення базових принципів розрахунку, проектування та моделювання різноманітних механізмів, а також ознайомлення з найбільш розповсюдженими програмними комплексами для вирішення цих завдань.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У роботі [1] розглянуто анімаційне моделювання механізмів для створення реверсивного обертального руху в різноманітних верстатах з використанням програми «3Ds Max». У роботі [2] розглянуто особливості використання у навчальному процесі різноманітних симуляторів, на прикладі роботи симулятора роботизованого технічного комплексу на базі токарного верстата 16K20Ф3 із системою ЧПК, що дозволяє в інтерактивному режимі створювати та відпрацьовувати керуючі програми для верстатів з ЧПК.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Використання у навчальному процесі просторових анімаційних моделей роботи механізмів значно підвищує рівень розуміння механіки процесу, а використання симуляторів верстатів дозволяє швидко та зручно перевіряти розроблені програми без ризику пошкодження обладнання. Однак спеціаліст повинен вміти не тільки використовувати попередні напрацювання, але й виконувати власні розрахунки та на їх базі проводити моделювання будови та роботи механізмів.

Мета статті. Головною метою роботи є проектування та тривимірне моделювання коробки швидкостей верстата з використанням комплексу програмних продуктів.

Виклад основного матеріалу. Заключним етапом підготовки фахівця освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр» за напрямом підготовки «Галузеве машинобудування» у Чернігівському національному технологічному університеті є виконання випуск-

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

ної кваліфікаційної роботи, основним елементом якої є розрахунок та проектування приводу головного руху верстата.

Початковими даними для проектування коробки швидкостей будь-якого металорізного верстата є силова характеристика; швидкісні характеристики: V_{min} , V_{max} – мінімальна на максимальна швидкості різання; та габаритні: D_{min} , D_{max} – мінімальний та максимальний діаметр, при цьому для верстатів токарної групи маються на увазі габаритні розміри заготовки, а для фрезерних, свердлильних та багатопільових верстатів – інструмента. Також визначається тип та характерні частоти двигуна приводу головного руху.

Проведемо, наприклад, розрахунок з метою модернізації коробки швидкостей токарно-гвинторізного верстата 16К20Ф3, для розширення діапазону частот обертання приводу та збільшення потужності. Початкові дані: $V_{min} = 10 \text{ м/хв}$, $V_{max} = 210 \text{ м/хв}$, $D_{min} = 15 \text{ мм}$, $D_{max} = 150 \text{ мм}$, втрата швидкості $a = 5\%$, характерні частоти обертання двигуна постійного струму $n_{max} = 3000 \text{ об/хв}$, $n_{ном} = 1600 \text{ об/хв}$, $n_{min} = 1000 \text{ об/хв}$.

Розрахунок всіх необхідних для проектування приводу параметрів проводимо згідно з методикою, наведеною у роботі [3], використовуючи математичний пакет Mathcad або Excel. При цьому створюємо власну програму розрахунку приводу головного руху. Спочатку вказуємо усі необхідні вхідні дані, після прописуємо ряд формул з виведенням проміжних значень. При структурованій таким чином програмі для наступного розрахунку типового приводу необхідно буде лише замінити вхідні параметри та скорегувати проміжні максимальну, мінімальну та номінальну частоти, а також, за розрахованими даними, записати структурну формулу приводу. Для більшої автоматизації процесу розрахунку корегування частот можна виконати з використанням функції округлення числа до найближчого з ряду. На рис. 1, а наведено програму розрахунку, записану в математичному пакеті Mathcad, а на рис. 1, б – у Excel. Порівнявши два варіанти програми, можна зробити висновок, що при використанні Mathcad розрахунок приводу є більш наочним, і користувач може відстежити всі проміжні дані (рис. 1, а), натомість при використанні Excel – розрахункові залежності приховані, і користувач бачить лише кінцеві дані, необхідні для запису структурної формули приводу, за необхідності на екран також виводяться проміжні результати (рис. 1, б), але формули розрахунку все одно не зображуються. Також можна використовувати й інші розрахункові пакети, при цьому методика створення спеціальної розрахункової програми не змінюється.

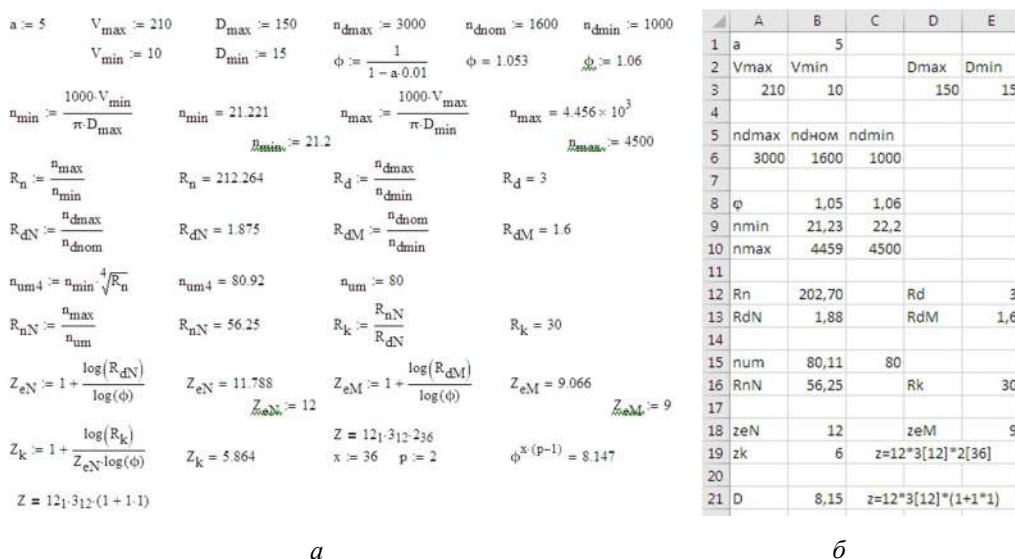


Рис. 1. Програми розрахунку структурної формули приводу: а – у математичному пакеті Mathcad; б – Excel

Після визначення структурної формули приводу і перевірки її по діапазону регулювання, а у випадку наявності складеної структури – коригування, виконують побудову графіку частот обертання (рис. 2), кінематичної схеми коробки швидкостей (рис. 3) і діаграми зміни потужності та моменту на приводі (рис. 4). Для побудови можна використовувати будь-який графічний редактор типу: AutoCAD, SolidWorks та інші подібні. При цьому віддають перевагу пакетам з більш потужним інструментарієм роботи у 2D-просторі, бажана наявність можливостей роботи з «Шарами» та створення макроелементів або блоків.

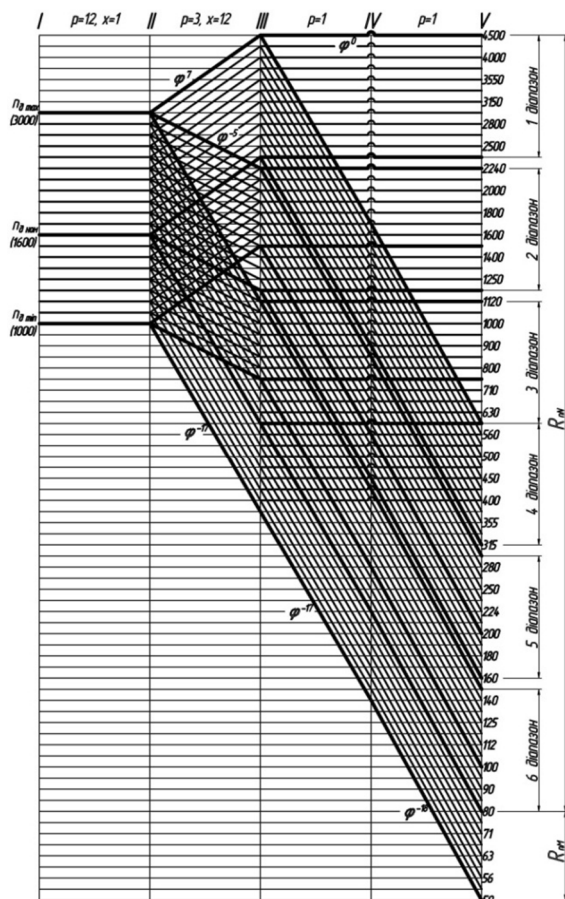


Рис. 2. Графік частот обертання приводу
 $z = 12_1 \cdot 3_{12} \cdot (1_0 + 1_{17} \cdot 1_{18}), \varphi = 1,06$

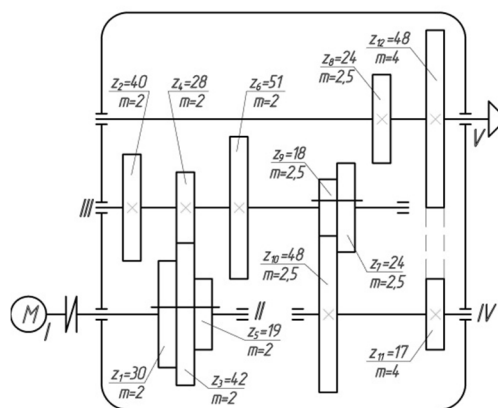


Рис. 3. Коробка швидкостей

Для зазначених вище вхідних параметрів, програма розрахунку показала наявність складеної структури (рис. 1) з переборним валом

$$z = 12_1 \cdot 3_{12} \cdot (1 + 1 \cdot 1). \tag{1}$$

Побудову графіка частот починають з підготовки розмірної сітки – прорисовують необхідну кількість валів (у нашому випадку 5) та частот ($z_{заг} \approx 12 \cdot 3 \cdot 2 + 9 = 81$). При цьому, відстань між лініями частот зручно приймати близько 5 мм та створювати необхідну їх кількість через команду «Масив по кривій» або «Прямокутний масив», а відстань між вертикальними лініями приймати від 20 мм до 60 мм для досягнення більшої читабельності графіку. Також при значній кількості частот, графік допускається виконувати у масштабі, при цьому, наприклад, при масштабі 1:2, на графіку не зображується кожна друга лінія. Для покращення якості графіка частот обертання головні лінії слід виділяти за рахунок їх товщини а для зручності виконання побудов – розміну сітку зображують на окремому шарі з подальшим його блокуванням, що заборонить будь-які операції з її лініями та збереже прив'язки до них. При побудові графіка частот спочатку розглядають ді-

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

апазон частот обертання від n_{\max} до $n_{\text{ном}}$, які на шпинделі повинні забезпечити частоти від $n_{n_{\max}}$ до $n_{n_{\text{ном}}}$, та зображують тільки головні лінії (лінії, які безпосередньо виходять з частот n_{\max} та $n_{\text{ном}}$). Використовуючи взаємозв'язок типу «Збіг точок» та «Паралельність», можна легко змінювати структуру всього графіка для знаходження оптимальних передаточних відношень у парах зубчатих коліс. Діаграму зміни потужності та моменту на приводі (рис. 4) доцільно отримувати з графіка частот обертання з використанням інструментів «Копіювання», «Поворот» та видаливши зайві лінії. Після створення оптимального графіка частот обертання схематично зображують коробку швидкостей з нумерацією валів та зубчастих коліс (рис. 4). Далі, враховуючи конструкцію коробки швидкостей, знаходять числа зубців зубчастих коліс для забезпечення вибраних передаточних відношень. Розрахунок проводять табличним або аналітичним методом [3], розробивши відповідну програму розрахунку в будь-якому математичному пакеті. Оскільки перевірка точності підбору є обов'язковим етапом проектування та враховуючи, що одразу забезпечити відхилення менше допустимого досить складно, то програма розрахунку повинна швидко та без додаткових дій перераховувати всі значення при зміні числа зубів у парах зубчатих коліс. З умов міцності та для забезпечення необхідної потужності приводу визначають модулі у групах зубчастих коліс, їх ширини та діаметри валів, на яких вони розташовують. Результати підбору зубчастих коліс та вибору модулів у групах наведені на рис. 3.

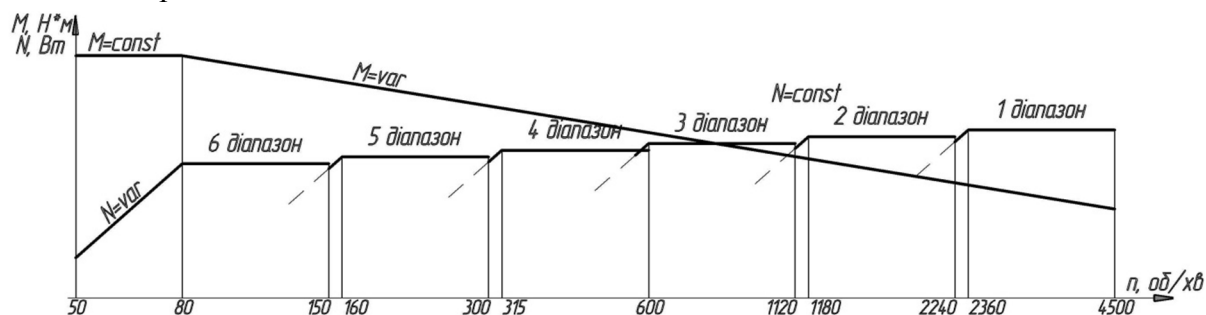


Рис. 4. Діаграма зміни потужності та моменту на приводі

На базі здійснених розрахунків проводять тривимірне моделювання всіх елементів коробки швидкостей та її складальної конструкції. Хоча 3D-моделювання і не є обов'язковим етапом проектування приводу головного руху металорізальних верстатів, проте, це значно підвищує наочність виконаної роботи та дозволяє більш детально опрацювати всі елементи коробки швидкостей та виявити приховані недоліки, такі як, наприклад, конфлікт розмірів. Крім того, якщо використовуються спеціальні програмні продукти або додаткові модулі, на базі складальної 3D-моделі приводу можливо створювати анімаційне моделювання роботи приводу та проводити перевірочні розрахунки на міцність, жорсткість і тощо.

Тривимірне моделювання проводимо у системі SolidWorks, а з метою спрощення розробки таких типових елементів, як зубчасті колеса, підшипники, гвинти і т. ін. будемо використовувати вбудовану бібліотеку стандартних елементів Toolbox. Після підключення бібліотеки Design Library необхідно вибрати стандарт (ANSI Metric), який необхідно застосовувати у процесі побудови, та тип деталі. Нову деталь створюємо вибором відповідного пункту в контекстному меню елемента (рис. 5, а), у результаті відкривається вікно нової деталі з активним менеджером конфігурацій, де можна ввести необхідні дані замість запропонованих за замовчуванням (рис. 5, б). Вказана бібліотека дозволяє будувати зубчасті колеса з довільною кількістю зубів, модулем та шириною, також наявна опція створення ступиці та внутрішнього шпонкового паза (одного або

двох розташованих діаметрально). Проте створення більш складних конфігурацій зубчастих коліс (рис. 6) в автоматичному режимі не можливо. Так, наприклад, при створенні центрального колеса рухомого блока (рис. 6, а), необхідно виконати побудову внутрішнього шліцьового отвору, шпонкового паза на зовнішній ступінчастій циліндричній поверхні, а при створенні зубчастих коліс великого діаметра доцільно передбачити полегшувальний коловий паз та ряд отворів (рис. 6, б).

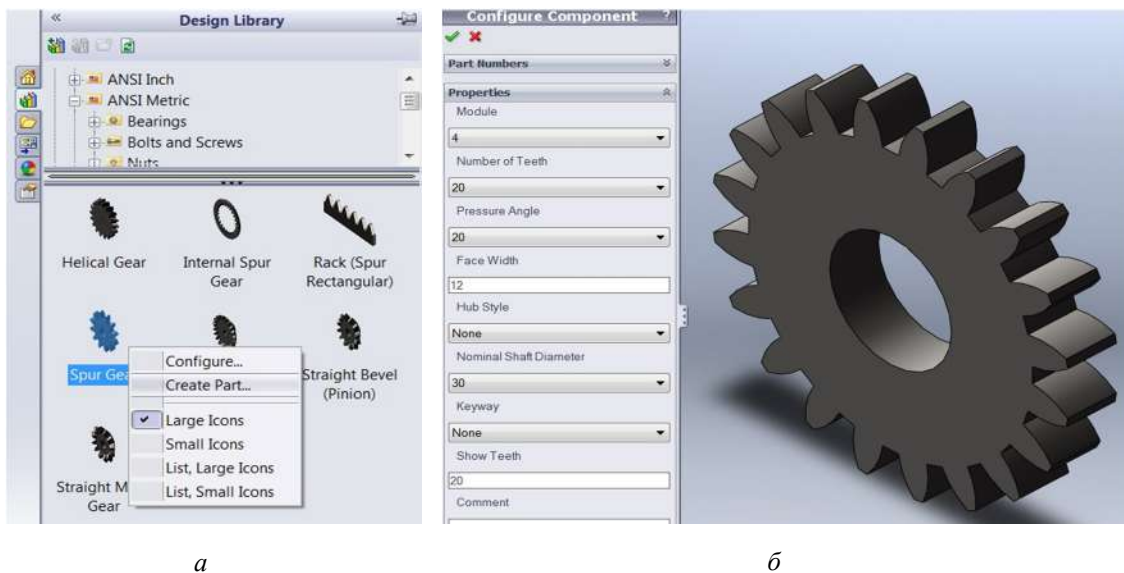


Рис. 5 – Створення зубчастого колеса з використанням Toolbox:
а – початок створення, б – визначення основних параметрів

SolidWorks дозволяє додавати нові елементи до стандартних виробів, однак при наступному використанні такої деталі у складальному кресленні, або при повторному відкритті, система автоматично буде оновлювати деталь відповідно до бібліотеки, що була використана, тобто всі доповнення, виконані в ручному режимі, зникнуть. Одним з варіантів рішення цієї проблеми є внесення змін до бібліотечного елемента, але в нашому випадку такий метод є нераціональним, оскільки ми маємо справу з різними конфігураціями зубчастих коліс (рис. 6). Оптимальним варіантом є створення базової заготовки зубчастого колеса з необхідними параметрами (кількість зубів, модуль, ширина і т. ін.) та розрив зв'язку її файла з бібліотекою стандартних виробів, тобто створення незалежної деталі для подальшого редагування.

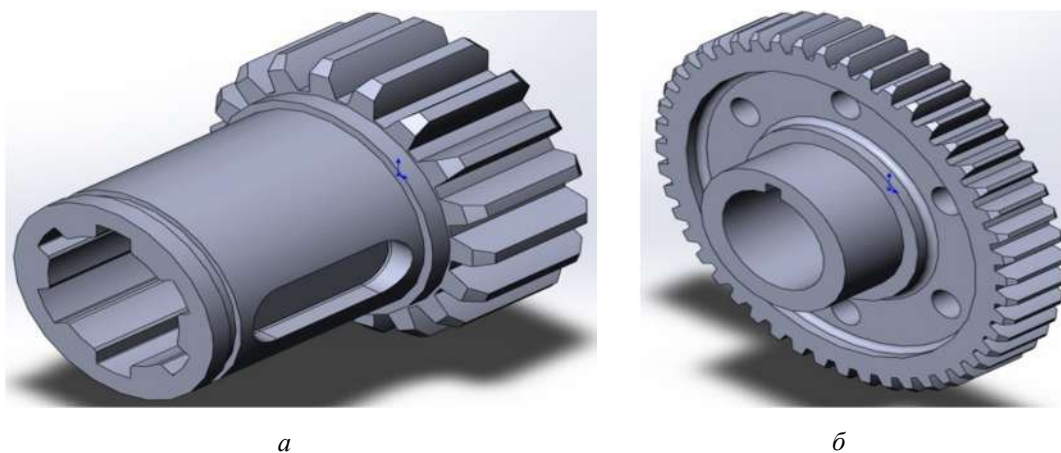


Рис. 6. 3D-моделі зубчастих коліс:
а – зубчасте колесо рухомого блока; б – колесо, що кріпиться нерухомо вздовж осевого напрямку

Перетворення бібліотечного елемента у незалежний файл у системі SolidWorks здійснюється за допомогою спеціальної утиліти, що знаходиться за адресою: Program Files\SolidWorks Corp\SolidWorks\Toolbox\ Data utilities\sldsetdocprop.exe. При запуску файла sldsetdocprop.exe відкривається вікно підпрограми «Установка свойств документа» (рис. 7). У робочому просторі вікна відображаються файли, з якими буде працювати система, для додавання нових документів використовують кнопки «Добавить файлы...» або «Добавить каталоги...». Після вибору необхідних документів необхідно встановити прапорець у положення «Состояние свойства: Нет» та натиснути кнопку «Обновить состояние», у разі необхідності можливо також перевірити стан файлів використовуючи відповідну команду. Для успішного здійснення операції файли необхідних деталей попередньо повинні бути збережені та закриті.

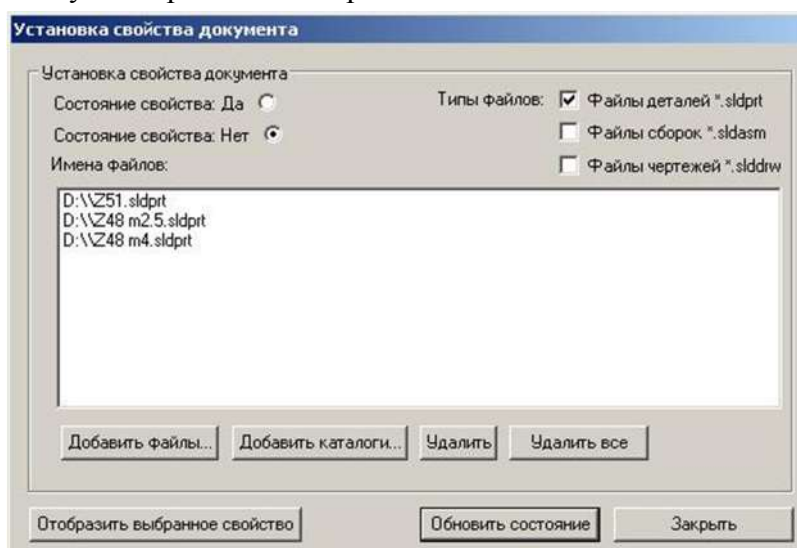
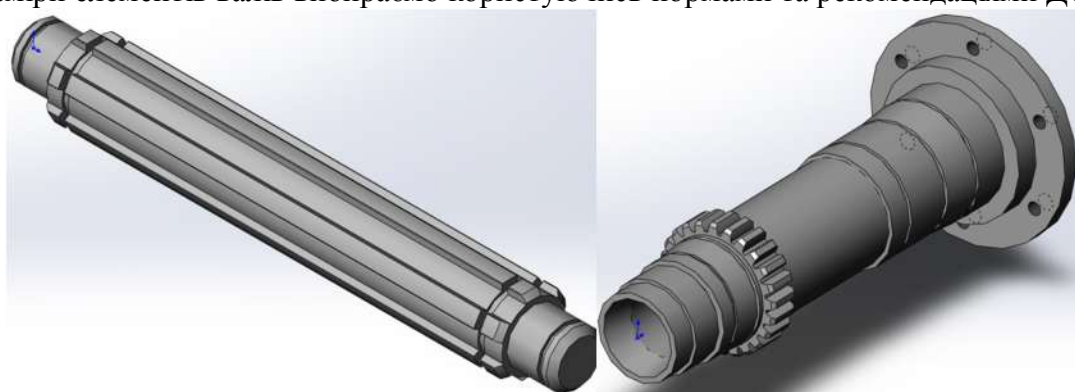


Рис. 7. Розрив зв'язку файла деталі з бібліотекою Toolbox

При моделюванні валів за основу беремо гладкий ступінчастий валик, створений із використанням операції обертання навколо осі, та додаємо необхідні елементи (шліцьові ступені, шпонкові пази і т. ін.). При цьому важливо всі ескізи створювати повністю визначеними із зазначенням розмірів та взаємозв'язків таким чином, щоб забезпечити можливість швидкого редагування, це дозволить на базі одного найбільш повного вала (рис. 8) створювати нові шляхом корекції розмірів та видалення зайвих елементів. Розміри елементів валів вибираємо користуючись нормами та рекомендаціями ДСТУ.



а

б

Рис. 8. Тривимірний модель вала: а – І-й вал; б – шпиндель

При створенні складальної моделі коробки швидкостей для забезпечення рухів елементів, що відповідають реальним переміщенням у приводі, використовують спряження «Редуктор», «На відстані» і т. ін. Стандартні вироби та деталі, які не потребують редагування, вставляють безпосередньо у складальну модель (рис. 9).

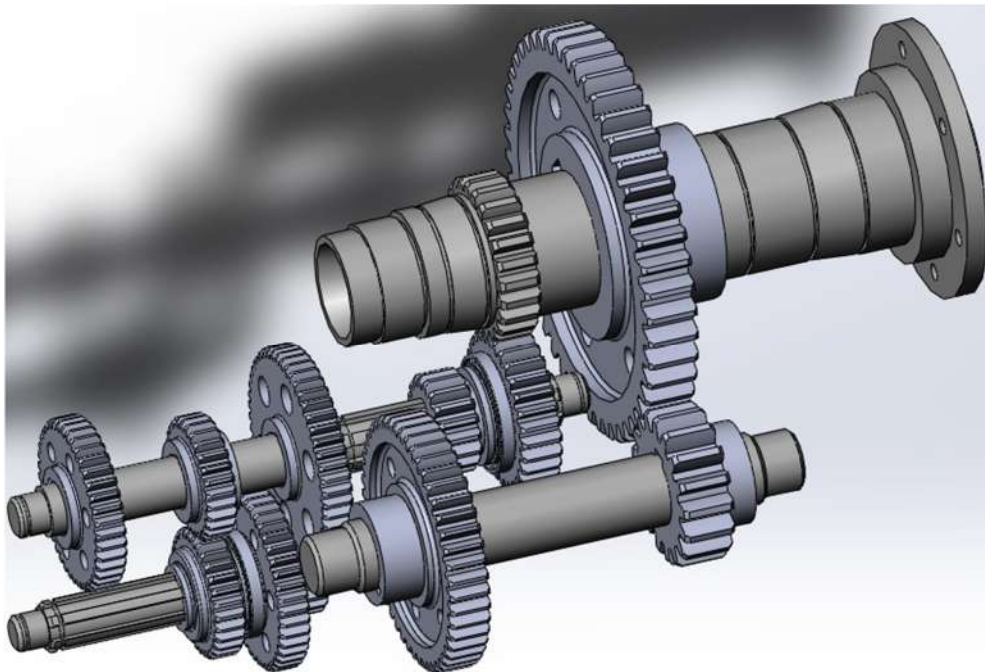


Рис. 9. Привод головного руху

Висновки і пропозиції. Наведена методика створення спеціальних розрахункових програм визначення основних характеристик при проектуванні коробок швидкостей металорізальних верстатів, з метою спрощення та автоматизації процесу розрахунку, запропоновано використання таких програмних пакетів, як MathCAD або Excel. У математичному пакеті MathCAD та Excel розроблено програми визначення характерних частот обертання шпинделя, передатних відношень для отримання частот у розрахованому діапазоні та чисел зубів зубчастих коліс, що їх забезпечать, з перевіркою точності отримання стандартного геометричного ряду. Наведено приклад виконання графіка частот обертання, діаграми потужності приводу та конструктивного варіанта коробки швидкостей у системі автоматизованого проектування AutoCAD. З метою візуалізації коробки швидкостей та перевірки просторового розміщення елементів приводу проведено її моделювання у системі SolidWorks з використанням бібліотеки стандартних елементів Toolbox.

Список використаних джерел

1. Пасов Г. В. Анімаційне моделювання механізмів для створення реверсивного, обертального руху / Г. В. Пасов, В. І. Венжега, А. В. Рудик // Технічні науки та технології : науковий журнал. – 2016. – № 1 (3). – С. 60–65.
2. Пасов Г. В. Навчальний симулятор роботизованого технологічного комплексу на базі токарного верстата з ЧПК / Г. В. Пасов, В. І. Венжега, А. В. Рудик // Технічні науки та технології: науковий журнал. – 2017. – № 1 (7). – С. 42–50.
3. *Розрахунок та конструювання коробок швидкостей металорізальних верстатів* : метод. вказ. до виконання лабораторних та розрах.-граф. робіт з дисципліни «Розрахунок і конструювання верстатів та верстатних комплексів» для студ. за напрямом підготовки 133 – Галузеве машинобудування денної форми навчання / уклад.: В. І. Кальченко, А. В. Кологойда, О. С. Следнікова. – Чернівці : ЧНТУ, 2016. – 111 с.

References

1. Pasov, H.V., Venzheha, V.I., Rudyk, A.V. (2016). Animatsiine modeliuвання mekhanizmiv dlia stvorennia reversyvnogo, obertalnoho rukhu [Animation modeling of mechanisms for creating reversible, rotational motion]. *Tekhnichni nauky ta tekhnologii – Technical sciences and technologies*, no. 1 (3). pp. 60–65 (in Ukrainian).

2. Pasov, H.V., Venzheha, V.I., Rudyk, A.V. (2017). Navchalnyi symulator robotyzovanoho tekhnolohichnoho kompleksu na bazi tokarnoho verstata z ChPK [Training simulator of robotic technology complex on the basis of CNC turning machine]. *Tekhnichni nauky ta tekhnologii – Technical sciences and technologies*, no. 1 (7). pp. 42–50 (in Ukrainian).

3. Kalchenko, V.I., Kolohoida, A.V., Sliednikova O.S. (2016). *Rozrakhunok ta konstruiuvannya korobok shvydkostei metalorizalnykh verstativ: metod. vказ. do vykonannya laboratornykh ta rozrakh.-hraf. robit z dystsypliny «Rozrakhunok i konstruiuvannya verstativ ta verstatnykh kompleksiv» dlia stud. za napriamom pidhotovky 133 – Haluzeve mashynobuduvannya dennoi formy navchannia [Calculation and design of speed-boxes of metal-cutting machine tools: method. a decree to the laboratory and the count.-graph. works on discipline “Calculation and designing of machine tools and machine complexes” for the studio. in the direction of preparation 133 – Sectoral engineering of full-time education]*. Chernihiv: Chernihiv National University of Technology (in Ukrainian).

UDK 621.9.06

Antonina Kolohoida, Hennadii Pasov

CALCULATION AND DESIGN OF MACHINE'S GEARBOXES USING CAD TOOLS

Urgency of the research. Modern trends in the development of industry require highly qualified engineers, in particular, specialized engineering software products.

Target setting. The most important task of training engineers is studying the basic principles of calculation, design and modeling different mechanisms. In addition, students have to know how use the most common software complexes for solving these problems.

Actual scientific researches and issues analysis. An animation modeling of metal-cutting machine is considered in a number of works. The feature of using simulators in the educational process are analyzed.

Uninvestigated parts of general matters defining. In the many articles are been showing the benefits of using 3D models and animation for learning. However, the engineers must be able, not only to use previous experience, but also to perform his own calculations and modeling the structure and working process of the mechanisms.

The research objective. The main goal of the work is designing and 3D modeling the gearbox of machines using software products.

The statement of basic materials. The methodology of calculation basic parameters a gearbox is given. The special computer programs in Mathcad and Excel was created. There is an example of drawing graph of rotational speeds, power diagram and gearbox. In order to visualize the gearbox and verify the spatial location of its elements, the 3D model was build.

Conclusions. The method of calculating the main parameters of the gearbox is proposed. 3D modeling of gearbox is carried out, as example, we show upgrading of a turning machine

Key words: gearbox; design; three-dimensional modeling; CAD; CALS.

Fig.: 9. Bibl.: 3.

УДК 621.9.06

Антонина Кологойда, Геннадий Пасов

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ САПР ПРИ РАСЧЕТЕ И ПРОЕКТИРОВАНИИ КОРОБОК СКОРОСТЕЙ СТАНКОВ

Предложена методика написания, а также составлена специальная расчетная программа для проектирования привода главного движения металлорежущих станков с использованием расчётных продуктов Mathcad и Excel. Рассмотрены особенности построения графика часто и диаграммы изменения мощности и момента на шпинделе. Осуществлено трехмерное моделирование коробки скоростей, при этом рассмотрены основные принципы создания типичных элементов привода в графической системе SolidWorks.

Ключевые слова: коробка скоростей; проектирование; трехмерное моделирование; САПР; CALS.

Рис.: 9. Библ.: 3.

Кологойда Антоніна Вікторівна – старший викладач кафедри автомобільного транспорту та галузевого машинобудування, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

Кологойда Антонина Викторовна – старший преподаватель кафедры автомобильного транспорта и отраслевого машиностроения, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

Kolohoida Antonina – senior teacher of Road Transport Industry and Mechanical Engineering, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027, Chernihiv, Ukraine).

E-mail: kolohoida@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1742-2686>

ResearcherID: <http://www.researcherid.com/rid/I-1118-2014>

Пасов Геннадій Володимирович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автомобільного транспорту та галузевого машинобудування, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

Пасов Геннадий Владимирович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры автомобильного транспорта и отраслевого машиностроения, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

Pasov Hennadii – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Department of Automobile Transport and Sectoral Machine Building, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: genapasov@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7248-9085>

ResearcherID: <http://www.researcherid.com/rid/H-4455-2014>

РОЗДІЛ III. ЗВАРЮВАННЯ ТА МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

УДК 519.233.5

DOI: 10.25140/2411-5363-2017-3(9)-53-62

Станислав Радченко, Сергей Лапач

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ НАРУШЕНИИ СПЛОШНОСТИ

Актуальность темы исследования. Композиционные материалы широко применяются в самолетостроении, обеспечивая высокие прочностные, жесткостные, усталостные и весовые характеристики.

Постановка проблемы. В процессе эксплуатации под воздействием нагрузок изделия из композиционных материалов могут терять сплошность. В этих условиях необходимо определить зависимость механических свойств материала от конструкторских и технологических факторов.

Анализ последних исследований и публикаций. Большинство работ по моделированию свойств композиционных материалов, их эксплуатационных характеристик используют различные математические методы, при этом вопрос о адекватности полученных моделей не затрагивается.

Выделение не решенных ранее частей общей проблемы. Изучение свойств композитных материалов путем теоретического анализа затруднительно. Предложено использовать экспериментально-статистический подход с привлечением теории планирования эксперимента и регрессионного анализа.

Постановка задачи. Целью данной работы является математическое моделирование влияния конструктивно-технологических факторов изготовления изделий из композиционных материалов на их механические свойства при нарушении сплошности при импульсных нагрузках.

Изложение основного материала. В работе используется расширенная концепция ортогональности получаемой модели: план эксперимента, структура модели и структурные элементы модели ортогональны друг к другу. Для проведения эксперимента был выбран регулярный план $2^3 \times 4^3 // 32$. Моделировалось влияние 6 факторов на предел прочности и модуль упругости композиционных материалов. Полученные модели устойчивы, адекватны и информативны.

Выводы. Использование концепции планирования эксперимента и формализованного получения структуры модели при моделировании механических свойств композиционных материалов полностью подтвердило высокую эффективность такого методологического подхода и позволило построить математические модели, пригодные для практического применения. Полученные модели позволяют провести исчерпывающий анализ влияния изучаемых факторов на моделируемые функции, оптимизировать значения факторов по принятому критерию, прогнозировать свойства и решать другие задачи.

Ключевые слова: композиционные материалы; регрессионный анализ; планирование эксперимента; моделирование механических свойств.

Табл.: 3. Рис.: 2. Библ.: 13.

Постановка проблемы. Композиционные материалы в настоящее время повсеместно применяются в самых различных областях современной жизни: авиация, космос, строительство, военное дело, медицина и пр.

Композиционные материалы находят все более широкое применение при создании летательных аппаратов, обеспечивая высокие прочностные, жесткостные, усталостные и весовые характеристики. Специфика изготовления композиционного материала заключается в том, что он получается непосредственно в процессе изготовления детали. Высокие механические свойства изделий определяются оптимальными конструктивно-технологическими факторами получения композиционных материалов. В частности, их механические характеристики зависят от направления укладки и количества слоев армируемых волокон.

В процессе эксплуатации композиционные материалы могут подвергаться импульсным нагрузкам и их механические свойства будут изменяться. При эксплуатации изделий из композиционных материалов могут возникать нарушения сплошности материала при импульсных нагрузках и, как следствие, потеря несущей способности изделия. Прогнозировать механические свойства композиционных материалов (до и после нарушения сплошности) теоретическими методами на данном этапе развития науки о композиционных материалах либо весьма трудно, либо невозможно.

Анализ последних исследований и публикаций. Необходимость проектирования изделий из композиционных материалов и прогнозирования их свойств при эксплуатации вызвало большое количество работ по моделированию композиционных матери-

лов, например [1–3], с различных точек зрения: прочность, технология разработки, эксплуатация и пр. Подавляющее большинство работ использует имитационное моделирование и другие математические методы. При этом вопрос об адекватности этих моделей совершенно игнорируется. Из практики авторов известны многочисленные случаи неадекватности используемых математических моделей в авиации, композиционных материалах, аэродинамике и других областях.

Выделение не решенных ранее частей общей проблемы. Изучение свойств композиционных материалов путем теоретического анализа затруднительно ввиду сложности механизмов происходящих явлений, многообразия влияния, случайных составляющих некоторых факторов в исходных материалах, нелинейного характера изменений их механических свойств. Эффективным подходом является экспериментально-статистический с использованием теории планирования эксперимента и регрессионного анализа. Успешное применение этого подхода для сложных задач, к которым относятся и моделирование композиционных материалов ввиду большого количества факторов и часто встречающейся неоднородности факторного пространства, возможно только при правильном использовании технологии построения математических моделей статистическими методами [4–10] и наличии высокоэффективных средств формирования априори неизвестной частной структуры уравнения регрессии [6; 7; 9–11].

Цель статьи. Целью данной работы является математическое моделирование влияния конструктивно-технологических факторов изготовления деталей из композиционных материалов на их механические свойства по критериям нарушения сплошности при импульсных нагрузках.

Изложение основного материала. В формальной записи постановка задачи имеет следующий вид:

$$\hat{y}_w = f_w(X_1, \dots, X_k),$$

где \hat{y}_w – w -тая функция цели (зависимая переменная), которую необходимо моделировать;

X_1, \dots, X_k – факторы (независимые переменные);

k – общее число факторов.

Содержательная постановка задач по факторам и функциям, которые исследуются, была проведена специалистами по композиционным материалам и эксплуатации полученных из этих материалов изделий.

Техническое решение подобных задач в настоящий период весьма затруднительно ввиду сложности схематизации объекта; множества независимых и зависимых переменных, описывающих моделируемый объект; недостаточной изученности «элементарных» явлений, происходящих в технологическом процессе изготовления детали из композиционного материала и при ее функционировании в изделии; случайного характера фактических значений некоторых факторов и всех показателей качества детали, изготовленной из композиционного материала.

Учитывая указанные трудности, ограниченное время материальные и людские ресурсы, выделенные для решения этих задач, предлагается использовать экспериментально-статистическую методологию проведения исследований. Моделирование механических свойств композиционных материалов при нарушении сплошности как реальных технических объектов возможно, если в качестве научного метода применять теорию планирования эксперимента и кибернетическую методологию исследований.

Для аппроксимации исходных данных будем использовать класс полиномиальных математических моделей. Их применение обосновано теоремами Вейерштрасса, Стоуна, Джексона [6, с. 87–88].

В работе используется расширенная концепция ортогональности получаемой модели: план эксперимента, структура модели и структурные элементы модели ортогональны. Ортогональная структура многофакторной статистической модели позволяет полу-

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

чить статистически независимые оценки коэффициентов моделируемой функции. Такая структура может быть определена однозначно со статистически значимыми коэффициентами. Нормирование ортогональных эффектов позволяет получить максимально устойчивую структуру модели и, следовательно, ее коэффициентов. Решаемая задача будет корректно поставленной [6].

Структуры получаемых многофакторных статистических моделей, не известных исследователю, выбирались из элементов структуры модели полного факторного эксперимента [6, с. 92]:

$$\prod_{i=1}^k (1 + x_i^{(1)} + x_i^{(2)} + \dots + x_i^{(s_i-1)}) \rightarrow N_{\Pi},$$

где 1 – значение фиктивного фактора $x_0 \equiv 1$;

$x_i^{(1)}, x_i^{(2)}, \dots, x_i^{(s_i-1)}$ – ортогональные контрасты факторов X_i ;

s_i – число различных уровней фактора X_i ;

k – общее число факторов, $1 \leq i \leq k$;

(1), (2), ..., (s_i-1) – порядок контрастов фактора X_i ;

N_{Π} – число структурных элементов полного факторного эксперимента, равное числу опытов эксперимента.

Все эффекты выражаются в виде ортогональных нормированных контрастов.

В соответствии с целью работы, выбранным методом исследования, качественным и количественным характером управляемых факторов был выбран регулярный многофакторный план $2^3 \times 4^3 // 32$ (3 фактора на 2 уровнях, 3 факторов на 4 уровнях, 32 опыта). План обеспечивает ортогональность всех главных эффектов; план близок к критерию D-оптимальности.

Из механических характеристик композиционных материалов для моделирования были выбраны следующие:

y_1 – предел прочности при растяжении σ_v , кГс/мм²;

y_2 – модуль упругости при растяжении $E_{\text{раст}}$, кГс/мм².

Факторами, влияющими на критерии качества композиционных материалов, были выбраны следующие (табл. 1):

Таблица 1

Описание факторов

Наименование и натуральные обозначения факторов	Номер фактора	Уровни факторов; (натуральные значения)
Наличие защитного слоя СВМ, П ₃	1	нет
		есть
Наименование слоя со стороны входа ударника, С _{вх.}	2	0 ⁰
		90 ⁰
Наименование слоя со стороны выхода ударника С _{вых.}	3	0 ⁰
		90 ⁰
Количество слоев в одном направлении (типа 0 ⁰ , 90 ⁰), К _{0,90}	4	1
		2
		3
		4
Количество слоев в одном направлении (типа +45 ⁰ , -45 ⁰), К ₄₅	5	0
		1
		2
		3
Разбиение плана эксперимента на ортогональные блоки, Б	6	1
		2
		3
		4

Рабочая матрица исследования механических свойств, значения уровней факторов и результаты опытов приведены в табл. 2. Каждый опыт повторялся трижды, по результатам повторных опытов вычислялись средние значения \bar{y}_{1u} и \bar{y}_{2u} .

При построении моделей механических свойств композиционных материалов \hat{y}_1 и \hat{y}_2 использовалось программное средство «Планирование, регрессия и анализ моделей» (ПС ПРИАМ), разработанное на кафедре технологии машиностроения НТУУ «КПИ» [11]. Получены модели:

$$\hat{y}_1 = 36,2573 + 7,24562 x_4^{(2)} x_6^{(1)} + 8,71654 x_1^{(1)} x_4^{(1)} x_5^{(1)} - 2,38667 x_4^{(2)} x_5^{(3)} x_6^{(2)} - 3,14438 x_3^{(1)} x_5^{(3)} x_6^{(1)} - 3,07142 x_2^{(1)} x_4^{(1)} x_6^{(3)} - 2,15313 x_1^{(1)} x_5^{(1)} - 1,70688 x_1^{(1)} x_2^{(1)} x_3^{(1)} x_5^{(1)} ;$$

$$\hat{y}_2 = 11,0036 + 4,88177 x_2^{(1)} x_4^{(2)} - 3,44494 x_2^{(1)} x_4^{(1)} x_6^{(3)} + 2,31869 x_1^{(1)} x_3^{(1)} x_6^{(3)} - 2,36786 x_4^{(1)} x_6^{(3)} - 1,67381 x_3^{(1)} x_4^{(2)} x_5^{(3)} - 1,64355 x_1^{(1)} x_3^{(1)} x_4^{(3)} x_5^{(3)} + 1,10169 x_4^{(2)} x_5^{(2)} x_6^{(3)} - 0,749896 x_2^{(1)} x_4^{(2)} x_6^{(2)} .$$

Таблица 2

Рабочая матрица и результаты опытов

Кодированные теоретические значения уровней варьирования факторов							Натуральное обозначение факторов						Натуральное обозначение функций	
							П ₃	С _{вх}	С _{вых}	К _{0,90}	К ₄₅	Б	σ _в	Е _{раст}
							Кодированное обозначение факторов и натуральные значения их уровней						Кодированное обозначение функций	
F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	у ₁	у ₂	
0	0	0	0	0	0	нет	0	0	1	0	1	Средние значения результатов опытов		
1	1	1	1	1	1	есть	90	90	2	1	2			
-	-	-	2	2	2	-	-	-	3	2	3			
-	-	-	3	3	3	-	-	-	4	3	4	\bar{y}_1	\bar{y}_2	
1							2	3	4	5	6	7	8	9
Опыт 1							нет	0	0	1	0	1	20,10	6,207
2							нет	90	0	2	1	2	35,53	5,583
3							есть	0	90	3	2	3	34,13	10,53
4							есть	90	90	4	3	4	44,33	15,12
5							нет	0	0	3	3	3	31,07	16,71
6							нет	90	0	4	2	4	38,10	10,29
7							есть	0	90	1	1	1	36,00	5,393
8							есть	90	90	2	0	2	48,43	8,043
9							нет	0	90	1	2	2	31,33	4,523
10							нет	90	90	2	3	1	55,83	7,590
11							есть	0	0	3	0	4	28,73	17,29
12							есть	90	0	4	1	3	39,80	28,47
13							нет	0	90	3	1	4	29,93	13,71
14							нет	90	90	4	0	3	50,43	26,31
15							есть	0	0	1	3	2	18,03	2,937
16							есть	90	0	2	2	1	41,93	6,223
17							нет	0	0	2	1	3	28,00	7,777
18							нет	90	0	1	0	4	37,70	17,83
19							есть	0	90	4	3	1	36,50	5,450
20							есть	90	90	3	2	2	40,47	6,767
21							нет	0	0	4	2	1	32,37	4,660
33							нет	90	0	3	3	2	34,53	5,090
23							есть	0	90	2	0	3	35,70	16,29
24							есть	90	90	1	1	4	39,43	15,96

Закінчення табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
25	нет	0	90	2	3	4	31,60	11,27
26	нет	90	90	1	2	3	39,87	16,10
27	есть	0	0	4	1	2	38,67	5,990
28	есть	90	0	3	0	1	42,17	6,857
29	нет	0	90	4	0	2	40,83	6,703
30	нет	90	90	3	1	1	48,90	7,213
31	есть	0	0	2	2	4	23,53	14,03
32	есть	90	0	1	3	3	26,23	13,39

Здесь $x_1^{(1)} = x_1 = 2(X_1 - 0,5)$; $x_2^{(1)} = x_2 = 0,022222 (X_2 - 45)$; $x_3^{(1)} = x_3 = 0,022222 (X_3 - 45)$;

$$x_4^{(1)} = x_4 = 0,666667(X_4 - 2,5); x_4^{(2)} = z_4 = 2,25(x_4^2 - 0,555556);$$

$$x_4^{(3)} = g_4 = 3,75(x_4^3 - 0,911111x_4);$$

$$x_5^{(1)} = x_5 = 0,666667(X_5 - 1,5); x_5^{(2)} = z_5 = 2,25(x_5^2 - 0,555556);$$

$$x_5^{(3)} = g_5 = 3,75(x_5^3 - 0,911111x_5);$$

$$x_6^{(1)} = x_6 = 0,666667(X_6 - 2,5); x_6^{(2)} = z_6 = 2,25(x_6^2 - 0,555556);$$

$$x_6^{(3)} = g_6 = 3,75(x_6^3 - 0,911111x_6).$$

В формулах ортогональных контрастов к моделям \hat{y}_1, \hat{y}_2 ортогональные контрасты не нормированы. При использовании программного средства ПРИАМ нормировочные коэффициенты ортогональных контрастов вводятся в соответствующие коэффициенты математических моделей [6, с. 56].

Обращаем внимание на структуру полученных уравнений. Они не включают главных эффектов, а состоят исключительно из взаимодействий, причем в значительной степени тройных и четверных. Это свидетельствует о большой сложности моделируемых процессов, в которых наличествуют признаки системы и не позволяет напрямую моделировать традиционными методами математического моделирования. Если исключить экспериментально-статистический метод, то адекватные математические модели для сложных систем могут быть построены только при достаточном знании этих систем, что снова возвращает нас к корректным экспериментальным исследованиям.

Статистический анализ построенных моделей приведен в табл. 3.

Таблица 3

Результаты статистического анализа математических моделей

Параметры статистического анализа параметров		Условные обозначения	Значения для модели	
			\hat{y}_1	\hat{y}_2
1	2	3	4	5
Проверка гипотезы о воспроизводимости результатов эксперимента	Дисперсия воспроизводимости	$s_{\text{восп}}^2$	4,0354	2,0486
	Число степеней свободы для дисперсии воспроизводимости	$f_{\text{восп1}}$	32	32
		$f_{\text{восп2}}$	2	1
	Экспериментальное значение G-критерия	$G_{\text{эсп}}$	0,0932	0,1892
	Критическое значение G-критерия	$G_{\text{крит}}$	0,1881	0,1881
	Уровень значимости	α	0,05	
Однородность данных		однородн.	неоднородн.	

1	2	3	4	5
Проверка гипотезы об адекватности модели	Дисперсия адекватности	$s_{ад}^2$	5,9089	3,19995
	Экспериментальное значение F -критерия	$F^{эксп}$	1,4643	1,5621
	Критическое значение F -критерия	$F^{крит}$	1,6886	1,6993
	Число степеней свободы для адекватности	$f_{ад1}$	7	8
		$f_{ад2}$	24	23
	Уровень значимости	α	0,05	
	Адекватность модели		Адекватна	
Анализ полученной модели на информативность	Коэффициент множественной корреляции	R	0,9676	0,9690
	Число степеней свободы для коэффициентов модели	f_k	7	8
	Число степеней свободы для остаточной суммы квадратов	$f_{остR}$	88	87
	Экспериментальное значение F -критерия	$F^{эксп}$	50,414	44,159
	Критическое значение F -критерия	$F^{крит}$	2,1155	2,0467
	Уровень значимости	α	0,05	
	Критерий Бокса и Веца	γ	4	3
	Информативность модели		высокая	хорошая
Число обусловленности		$cond(X^1 X)$	1,2476	1
Среднее абсолютных величин относительных погрешностей аппроксимации		$ \bar{e}_{уотн} , \%$	4,66	14,10
Среднее абсолютных величин абсолютных погрешностей аппроксимации		$ \bar{e}_u $	1,68	1,21
Доля рассеяния, объясняемая моделью		$Q_{\hat{y}}$	93,53	93,89

Обнаруженная неоднородность дисперсий (табл. 3) не требует никаких действий. Вызвана она известным характером распределения ошибок, отличным от нормального, наблюдаемым при проведении прочностных испытаний. Кроме того, ее величина не требует корректировки модели с помощью взвешенного метода наименьших квадратов.

Из табл. 3 следует, что полученные модели адекватны, информативны, имеют высокую вычислительную и структурную устойчивость. Это позволяет использовать их для моделирования.

В качестве примера приведены построенные маргинальные поверхности отклика (рис. 1, рис. 2).

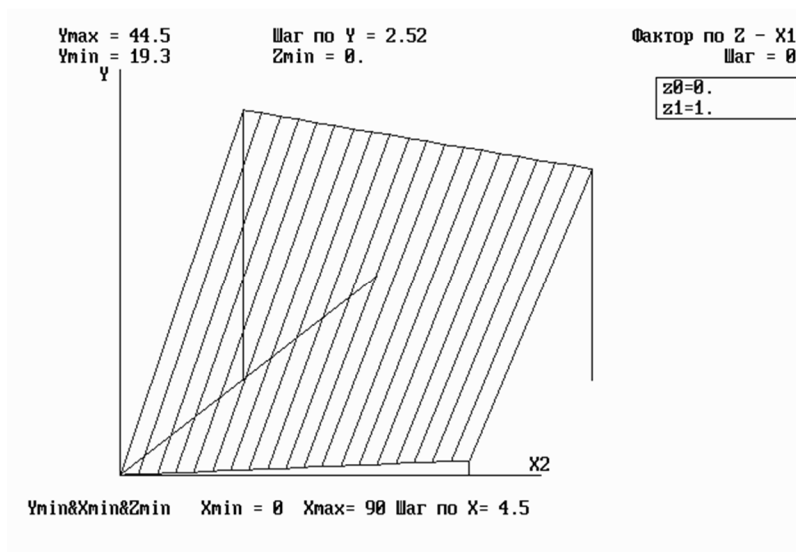


Рис. 1. Маргинальная поверхность отклика \hat{y}_1 для факторов X_1 и X_2 при фиксации остальных на уровне средних значений

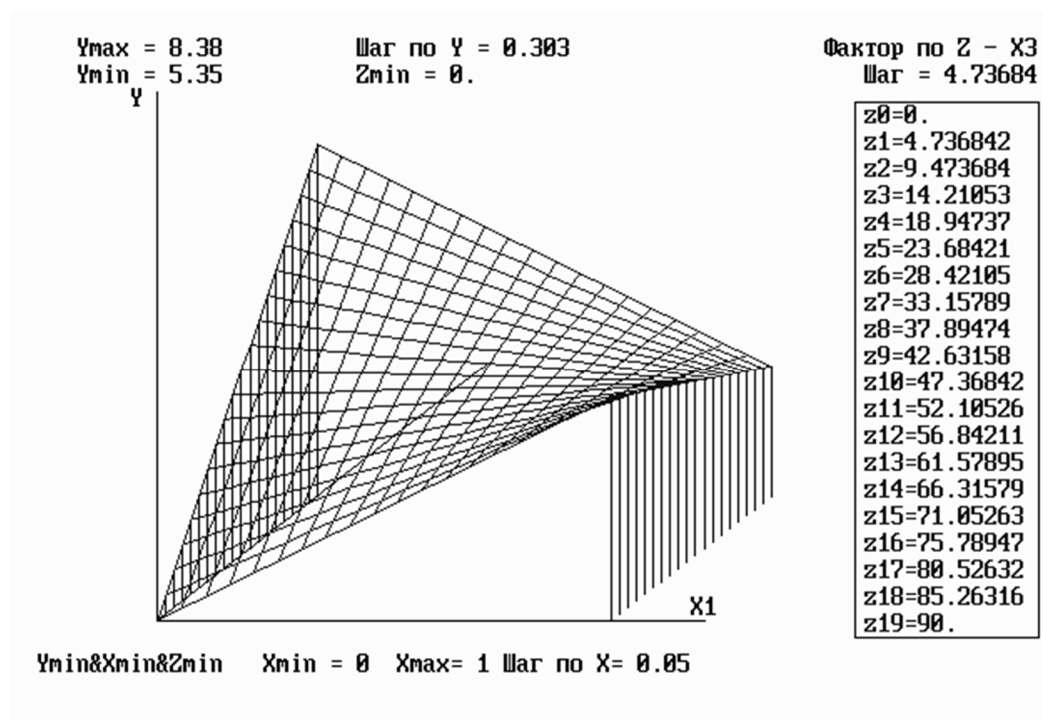


Рис. 2. Маргинальная поверхность отклика \hat{y}_2 для факторов X_1 и X_3 при фиксации остальных на уровне средних значений

На основании полученных моделей были разработаны рекомендации по оперативному анализу повреждений изделий из композиционных материалов и принятию решений о виде ремонта.

Выводы и предложения.

1. Использование концепции планирования эксперимента и формализованного получения структуры модели при моделировании механических свойств композиционных материалов по критериям нарушения сплошности при импульсных нагрузках полностью подтвердило высокую эффективность такого методологического подхода и позволило построить математические модели, пригодные для практического применения.
2. Полученные математические модели позволяют провести исчерпывающий анализ влияния изучаемых факторов на моделируемые функции, оптимизировать значения факторов по принятому критерию, прогнозировать свойства и решать другие задачи.
3. Применение указанной методологии в изучении и оптимизации композиционных материалов позволяет научно обосновано решать сложные задачи, экономя время, материалы и затраты на исследование по сравнению с традиционной методологией однофакторного эксперимента.
4. Анализ моделей свидетельствует о сложности изучаемого процесса и невозможности его адекватного моделирования без предварительных экспериментально-статистических исследований.
5. Сложность процесса требует мощных средств построения регрессионных моделей для определения частной структуры уравнения регрессии. Имеющимися стандартными методами их решить практически невозможно. В данном случае использовалось специализированное программное средство ПРИАМ [11].

С разработанными методами моделирования и полученными результатами можно ознакомиться в [12; 13].

Список использованных источников

1. *Баженов В. Г.* Математическое моделирование и методы идентификации деформационных и прочностных характеристик материалов / В. Г. Баженов // *Физическая мезомеханика*. – 2007. – Т. 10. – № 5. – С. 91–105.
2. *Бормотов А. Н.* Методология построения математических моделей наномодифицированных композитов по экспериментальным данным / А. Н. Бормотов, И. А. Прошин, А. В. Васильков // *Вестник Воронежского государственного технического университета*. – 2011. – Т. 7. – № 6. – С. 28–34.
3. *Литвиненко Е. И.* Исследование и прогнозирование свойств полимерных композиционных материалов с применением математического моделирования / Е. И. Литвиненко, С. Е. Гардер, Ю. Я. Мельник // *Интегрированные технологии и энергосбережение*. – 2010. – № 1. – С. 43–46.
4. *Математическое моделирование прочности болтовых соединений композиционных материалов типа углепластиков* / С. Г. Радченко, С. Н. Лапач, А. З. Двейрин, Е. Т. Василевский // *Открытые информационные технологии : сб. науч. тр. – X. : Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2014. – Вып. 63. – С. 61–71.*
5. *Лапач С. Н.* Статистика в науке и бизнесе / С. Н. Лапач, А. В. Чубенко, П. Н. Бабиц. – К. : Морион, 2002. – 640 с.
6. *Радченко С. Г.* Методология регрессионного анализа / С. Г. Радченко. – К. : Корнійчук, 2011. – 376 с.
7. *Радченко С. Г.* Анализ методов моделирования сложных систем / С. Г. Радченко // *Математичні машини і системи*. – 2015. – № 4. – С. 123–127.
8. *Радченко С. Г.* Формализованные и эвристические решения в регрессионном анализе / С. Г. Радченко. – К. : Корнійчук, 2015. – 236 с.
9. *Лапач С. Н.* Робастные планы эксперимента / С. Н. Лапач // *Математичні машини і системи*. – 2016. – № 4. – С. 111–121.
10. *Лапач С. Н.* Регрессионный анализ. Процессный подход / С. Н. Лапач // *Математичні машини і системи*. – 2016. – № 1. – С. 129–138.
11. *Лапач С. Н.* Планирование, регрессия и анализ моделей PRIAM (ПРИАМ) / С. Н. Лапач, С. Г. Радченко, П. Н. Бабиц // *Программные продукты Украины: каталог*. – К., 1993. – С. 24–27.
12. *Лаборатория экспериментально-статистических методов исследований (ЛЭСМИ)* [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.n-t.org/sp/lesmi>.
13. *Сайт кафедры «Технология машиностроения» Механико-машиностроительного института Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт»* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tm-mmi.kpi.ua/index.php/ru/1/publications>.

References

1. Bazhenov, V.G. (2007). Matematicheskoe modelirovanie i metody identifikatsii deformatsionnykh i prochnostnykh kharakteristik materialov [Mathematical modeling and methods of identification of deformation and strength characteristics of materials]. *Fizicheskaya mezomekhanika – Physical mesomechanic*, no. 5, pp. 91–105 (in Russian).
2. Bormotov, A.N., Proshin, I.A. & Vasilkov, A.V. (2011). Metodologiya postroeniya matematicheskikh modeley nanomodifitsirovannykh kompozitov po eksperimentalnym dannym [Methodology for constructing mathematical models of nanomodified composites from experimental data]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta – Bulletin of Voronezh State Technical University*, no. 6, pp. 28–34 (in Russian).
3. Litvinenko, E.I., Garder, S.E. & Melnik, Iu.Ia. (2010). Issledovanie i prognozirovanie svoystv polimernykh kompozitsionnykh materialov s primeneniem matematicheskogo modelirovaniya [Investigation and prediction of the properties of polymer composite materials using mathematical modeling]. *Integrirovannyye tekhnologii i energosberezhenie – Integrated Technologies and Energy Savin*, no. 1, pp. 43–46 (in Russian).
4. Radchenko S.G., Lapach, S.N., Dvejrin, A.Z. & Vasilevskij, E.T. (2014). Matematicheskoe modelirovanie prochnosti boltovykh soedinenij kompozitsionnykh materialov tipa ugleplastikov [Mathematical design of durability of screw-bolt connections of composition materials of type of Car-

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

bon fiber reinforced plastic]. *Otkrytye informatsionnye tekhnologii – Open information technologies*, issue 63, pp. 61–71 (in Russian).

5. Lapach, S.N., Chubenko, A.V. & Babich, P.N. (2002). *Statistika v nauke i biznese [Statistics in science and business]*. Kyiv: Morion (in Russian).

6. Radchenko, S.G. (2011). *Metodologiya regressiionnogo analiza [Methodology of regression analysis]*. Kyiv: Korniiichuk (in Russian).

7. Radchenko, S.G. (2015). Analiz metodov modelirovaniia slozhnykh sistem [Analysis of methods of the model of complex systems]. *Matematychni mashyny i systemy – Mathematical Machines and Systems*, no. 4, pp. 123–127 (in Russian).

8. Radchenko, S.G. (2015). *Formalizovannye i evristicheskie resheniya v regressiionnom analize [Formalized and heuristic solutions in regression analysis]*. Kyiv: Korniiichuk (in Russian).

9. Lapach, S.N. (2016). Robastnye plany eksperimenta [Robust experiment plans]. *Matematychni mashyny i systemy – Mathematical Machines and Systems*, no. 4, pp. 111–121 (in Russian).

10. Lapach, S.N. (2016). Regressiionnyj analiz. Protsessnyi podkhod [Regression analysis. Process approach]. *Matematychni mashyny i systemy – Mathematical Machines and Systems*, no. 1, pp. 129–138 (in Russian).

11. Lapach, S.N., Radchenko, S.G. & Babich, P.N. (1993). Planirovanie, regressiya i analiz modelei PRIAM [Planning, regression and model analysis PRIAM]. *Programmnye produkty Ukrainy: katalog – Software products of Ukraine: catalog*, Kyiv, pp. 24–27 (in Russian).

12. Laboratoriya eksperimentalno-statisticheskikh metodov issledovaniy (LESMI) [Laboratory of experimental-statistical methods of research]. Retrieved from <http://www.n-t.org/sp/lesmi>.

13. Sait kafedry «Tehnologiya mashinostroeniia» Mehaniko-mashinostroitel'nogo instituta Natsional'nogo tekhnicheskogo universiteta Ukrainy «Kyivskii politekhnicheskii institut» [Department of Machine Building Technology, Mechanics and Machine Building Institute of the National Technical University of Ukraine “Kyiv Polytechnic Institute”]. Retrieved from <http://tm-mmi.kpi.ua/index.php/ru/1/publications>.

UDC 519.233.5

Stanislav Radchenko, Serhiy Lapach

MATHEMATICAL MODELING OF MECHANICAL PROPERTIES OF COMPOSITE MATERIALS IN CASE OF DISCONTINUITY

Urgency of the research. Composite materials are widely used in airplane construction, providing for high strength, stiffness, fatigue and weight characteristics.

Target setting. Products made of composite material can lose continuity in the process of service under the effect of loads. In these conditions it is necessary to determine the dependence of mechanical properties of the material on the design and technology factors.

Actual scientific researches and issues analysis Most authors of the works in the field of modeling properties of composite materials, their operation characteristics use various mathematical methods which are not connected with experiments, in so doing they do not concern the problem on the obtained model adequacy.

Uninvestigated parts of general matters defining. It is difficult to study properties of the composite materials by theoretical analysis. It is proposed to use the experimental statistical approach with attraction of the experiment design theory and regression analysis.

The research objective. This work objective is mathematical modeling of the effect of design-technological factors of manufacturing products of composite materials on their mechanical properties under continuity violation under the impulse loads.

The statement of basic materials. The authors use the extended conception of the obtained model orthogonality: the experiment design, the model structure and structural elements of the model are orthogonal to each other. The regular plan $2^3 \times 4^3 // 32$ was chosen for the experiment performance. The effect of 6 factors on the ultimate strength and elasticity modulus of composite materials was modeled. The models obtained are stable, adequate and informative.

Conclusions. The use of the conception of experiment design and formalized production of the model structure under modeling mechanical properties of the composite materials has completely confirmed high efficiency of such methodological approach and allowed constructing the mathematical models fit for the practical application. The obtained models permit us to perform the comprehensive analysis of the effect of studied factors on the modeled functions, optimize the factors' values by the accepted criterion, predict properties and solve other problems.

Key words: composition materials; regression analysis; experiment design; modeling of mechanical properties.

Tabl.: 3. Fig.: 2. Bibl.: 13.

УДК 519.233.5

Станіслав Радченко, Сергій Лапач

**МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МЕХАНІЧНИХ
ВЛАСТИВОСТЕЙ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ
ПРИ ПОРУШЕННІ СУЦІЛЬНОСТІ**

Композиційні матеріали широко застосовуються в літакобудуванні, забезпечуючи високі міцнісні, жорсткісні, втомні і вагові характеристики. Метою цієї роботи є математичне моделювання впливу конструктивно-технологічних факторів виготовлення виробів з композиційних матеріалів на їх механічні властивості у разі порушення суцільності при імпульсних навантаженнях. У роботі використовується розширена концепція ортогональності одержуваної моделі: план експерименту, структура моделі і структурні елементи моделі ортогональні. Для проведення експерименту було обрано регулярний план $2^3 \times 4^3 // 32$. Моделювався вплив 6 факторів на межу міцності і модуль пружності композиційних матеріалів. Отримані моделі стійкі, адекватні та інформативні.

Використання концепції планування експерименту при моделюванні механічних властивостей композиційних матеріалів повністю підтвердило високу ефективність такого методологічного підходу і дозволило побудувати математичні моделі, придатні для практичного застосування. Отримані моделі дозволяють провести вичерпний аналіз впливу досліджуваних факторів на модельовані функції, оптимізувати значення факторів за прийнятним критерієм, прогнозувати властивості і вирішувати інші завдання.

Ключові слова: композиційні матеріали; регресійний аналіз; планування експерименту; моделювання механічних властивостей.

Табл.: 3. Рис.: 2. Бібл.: 13.

Радченко Станіслав Григорьевич – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры технологии машиностроения, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт» имени И. Сикорского (просп. Победы, 37, г. Киев, 03056, Украина).

Радченко Станіслав Григоревич – доктор технічних наук, доцент, професор кафедри технології машинобудування, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені І. Сікорського» (просп. Перемоги, 37, м. Київ, 03056, Україна).

Radchenko Stanislav – Doctor of Technical Sciences, Assistant Professor, Professor of the Department of Mechanical Engineering, I. Sikorsky National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute» (37 Pobeda Av., 03056 Kyiv, Ukraine).

Лапач Сергей Николаевич – старший преподаватель кафедры технологии машиностроения, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт» имени И. Сикорского (пр. Победы, 37, г. Киев, 03056, Украина).

Лапач Сергій Миколайович – старший викладач кафедри технології машинобудування, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені І. Сікорського» (пр. Перемоги, 37, м. Київ, 03056, Україна).

Lapach Serhiy – senior Lecturer of the Chair of Technology of Mechanical Engineering, I. Sikorsky National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute» (37, Pobedy Av., 03056 Kyiv, Ukraine).

E-mail: lapach@ukr.net

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9399-191X>

Лідія Петрушинець, Юрій Фальченко, Анатолій Устінов,
Тетяна Мельниченко, Олег Новомлинець

ДИФУЗІЙНЕ ЗВАРЮВАННЯ У ВАКУУМІ ЖАРОМІЦНОГО СПЛАВУ НА Ni ОСНОВІ

Актуальність теми дослідження. Дифузійне зварювання нікелевих жароміцних сплавів є перспективним процесом.

Постановка проблеми. Складність отримання з'єднань із жароміцних сплавів на основі нікелю методом дифузійного зварювання полягає в наявності на їх поверхні шару оксиду, а також їх низькій пластичності.

Аналіз досліджень і публікацій. У процесі зварювання жароміцних нікелевих сплавів необхідно застосовувати досить жорсткі режими зварювання.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Застосування для зварювання прошарків з чистих пластичних металів хоча і сприяє формуванню зварного з'єднання, але створює в зоні з'єднання ділянки з хімічною неоднорідністю, що негативно позначається на фізико-хімічних властивостях з'єднання.

Постановка завдання. Дослідження впливу структурних характеристик та хімічного складу багатошарової фольги на особливості формування з'єднань із жароміцного сплаву на Ni основі.

Виклад основного матеріалу. Проведено дослідження зі зварювання сплаву ЖС6К через багатошарові фольги систем Al – Ni і Co – Ti.

Висновки. Складність отримання з'єднань із жароміцних сплавів на основі нікелю методом дифузійного зварювання полягає в наявності на їх поверхні шару, який складається зі стійкого оксиду. Низька пластичність сплавів негативно впливає на формування фізичного контакту і, як наслідок цього, на процес схоплювання поверхонь.

Встановлено, що використання як проміжних прошарків фольги Co/Ti під час дифузійного зварювання у вакуумі нікелевого жароміцного сплаву призводить до формування у стик шарів сполук на основі системи Ti–Ni–Co, наявність яких обумовлює високу мікротвердість зони з'єднання, що призводить до утворення значних термічних напружень, унаслідок чого відбувається розтріскування зразків.

Показано, що використання фольги системи Al–Ni під час дифузійного зварювання нікелевого жароміцного сплаву забезпечує утворення з'єднань, сприяє активному протіканню дифузійних процесів з формуванням у стикуні однорідної за хімічним складом дифузійної зони з монотонним характером розподілу легуючих елементів.

Ключові слова: дифузійне зварювання у вакуумі; ЖС6К; багатошарові фольги; мікроструктура; мікроіндентування.

Рис.: 7. Бібл.: 10.

Постановка проблеми. Жароміцні сплави на основі нікелю широко використовуються в автомобільній, аерокосмічній і атомній промисловості. Виробництво деталей складної конфігурації з цієї групи сплавів методами прецензійного лиття є трудомістким і дорогим. Одним зі шляхів вирішення цієї проблеми є виготовлення окремих сегментів конструкції з їх наступним з'єднанням. Дифузійне зварювання в цьому відношенні є перспективним процесом, оскільки дозволяє поєднувати елементи складної конфігурації без розплавлення та непередбачуваних спотворень форми, а також дає можливість отримувати з'єднання з властивостями і мікроструктурою, близькими до вихідного матеріалу. Складність отримання з'єднань із жароміцних сплавів на основі нікелю методом дифузійного зварювання, насамперед, полягає в наявності на їх поверхні шару оксиду, який перешкоджає утворенню зварного з'єднання. Сплави цієї групи також мають низьку пластичність, що у свою чергу ускладнює схоплення контактних поверхонь на стадії утворення фізичного контакту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Як правило, під час зварювання без проміжних прошарків з урахуванням перебування на поверхні жароміцних нікелевих сплавів термічно стійкої оксидної плівки, необхідно застосовувати більш жорсткі режими зварювання. Так, В. Н. Столяров у [1] показав, що в з'єднаннях сплаву ЭИ607А отриманих на режимі: температура зварювання 1200 °С, навантаження 20 МПа, тривалість зварювання 6 хв у зоні з'єднання поряд із зернами загальними для обох заготовок виявляються сліди лінії розділу, які являють собою мікронесуцільності або залишки оксидних плівок у площині з'єднання.

Автори роботи [2] відзначають, що під час зварювання дисперсійно-зміцненого нікелевого сплаву Ni – Cr – Al – W – Y₂O₃ процес доцільно вести в інтервалі температур T = 950 ... 1100 °С, при якому в матриці сплаву відбувається розчинення 20–25 % γ-

фази. Це призводить до збільшення відстані між дисперсними частками сплаву і їх роль у гальмуванні дислокацій знижується. Встановлено, що в з'єднаннях, отриманих на цьому режимі, завжди спостерігається міжфазна плоскоорієнтована границя. Застосування рекристалізаційного відпалу призводить до її усунення.

У роботі [3] розглядали можливість застосування двостадійного процесу зварювання сплаву NiCr (Ni – 20Cr – 2ThO₂, % wag). На першій стадії для забезпечення щільного контакту між площинами, що зварюються, до зразків прикладається тиск порядку 207 МПа при відносно низькій температурі 705 °С і тривалості процесу 60 хв. На другій стадії при зниженому тиску P = 15 МПа і підвищеній температурі T = 1190 °С протягом 30 хв відбувається зварювання. Відзначають, що застосування цього процесу дозволяє отримати якісні з'єднання.

Одним із методів активації зварювальних поверхонь є застосування проміжних прошарків, використання яких дозволяє локалізувати пластичну деформацію безпосередньо у стику, що в свою чергу сприяє утворенню на контактних поверхнях зсувних деформацій, наслідком чого є руйнування оксидних плівок.

У процесі дифузійного зварювання нікелевого сплаву Rene'41 автори [4] рекомендують застосовувати проміжні прошарки сплаву Ni-2%Be. Було встановлено, що підвищення температури зварювання з 1079 °С до 1176 °С призводить до формування ділянок схоплювання між поверхнями, що сполучаються. Це пов'язано з більш інтенсивним протіканням дифузійних процесів, розчиненням залишків оксидів і зменшенням градієнта механічної та хімічної неоднорідності на границі основного металу з прошарком.

У роботі [5] досліджували з'єднання зразків зі сплаву Nimonic 90, отримані при тиску до 230 МПа. Як проміжні прошарки використовували фольги нікелю. Після прикладення тиску зразки піддавалися витримці тривалістю до 480 хв, температура зварювання становила 1100 °С. Максимальна міцність на зріз 370 МПа спостерігалася при використанні прошарку з нікелевої фольги товщиною 25 мкм, тиску стиснення P = 150...230 МПа.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Необхідно відзначити, що застосування для зварювання прошарків з чистих пластичних металів, таких як мідь, нікель, алюміній, срібло, золото та інші хоча і сприяє формуванню зварного з'єднання, але створює в зоні з'єднання ділянки з хімічною неоднорідністю, що в свою чергу негативно позначається на фізико-хімічних властивостях з'єднання.

Для зменшення хімічної неоднорідності у стику існує необхідність у застосуванні більш тонких фольг, проте здатних пластично деформуватися у процесі зварювання. До таких фольг можна віднести фольги, отримані методами напилення, зокрема методом електронно-променевого випаровування і конденсації у вакуумі. Ці фольги у процесі зварювання можуть трансформуватися у структуру близьку за хімічним складом до матеріалу, що зварюється [6]. У ролі таких прошарків можуть бути використані багатошарові фольги, які створюються під певні пари металів, що потребують зварювання, з урахуванням їх хімічного складу. Як показали дослідження, проведені авторами статті раніше, застосування багатошарової фольги може істотно прискорити протікання дифузійних процесів у стику і зменшити хімічну неоднорідність з'єднань [7; 8].

Мета статті. Метою цієї роботи є дослідження впливу структурних характеристик та хімічного складу багатошарової фольги на особливості формування з'єднань з жароміцного сплаву на Ni основі.

Виклад основного матеріалу. Зварювання зразків проводили способом дифузійного зварювання у вакуумі в установці У-394М. Рівномірність нагрівання зразків забезпечували за рахунок використання електронно-променевого нагрівача кільцевої форми. Температуру зварювання контролювали за допомогою хромель-алюмелевої термопари.

Параметри процесу зварювання задавали в таких діапазонах: температура $T_{зв} = 900 \dots 1200$ °С, тиск $P_{зв} = 10 \dots 20$ МПа, тривалість $t_{зв} = 5 \dots 20$ хв, вакуум у робочій камері підтримували на рівні $1,33 \cdot 10^{-3}$ Па.

Об'єктом досліджень був жароміцний сплав на нікелевій основі ЖС6К (Ni – 11Cr – 5,5Al – 5W – 4,5Co – 4Mo – 2,75Ti, до 2Fe, % ваг). Сплав є важкозварювальним дисперснозміцненим суперсплавом, що містить значну кількість титану й алюмінію, схильний до утворення тріщин у шві та зоні термічного впливу [9].

Як проміжні прошарки під час дифузійного зварювання використовували багатошарові фольги (БФ) Al – 86,68Ni і Co – 77,16Ti, % ваг. загальною товщиною 30 і 50 мкм відповідно. Подвійні системи для БФ вибирали виходячи зі складу матеріалів, що зварюються, таким чином, щоб компоненти проміжного прошарку виступали легуючими елементами основного матеріалу.

Порізку зразків для зварювання проводили на електроерозійному верстаті. Поверхні зразків, які підлягали зварюванню, шліфували на алмазному крузі та знежирювали в етиловому спирті.

Аналіз мікроструктури зварних з'єднань проводили за допомогою електронного мікроскопа CAMSCAN 4, оснащеного системою енергодисперсійного аналізу Oxford Inca Energy 200 для визначення хімічного складу на плоских зразках. Для цього за стандартною методикою з використанням шліфувально-полірувального обладнання фірми Struers були приготовлені шліфи поперечного перерізу зварних з'єднань.

Оцінку мікромеханічних властивостей зварних з'єднань проводили з використанням установки «Мікрон-гама» методом автоматичного індентування алмазною пірамідою Берковича ($\alpha = 65^\circ$) при навантаженні 0,4 Н і швидкості навантаження 0,04 Н/с, з автоматичним навантаженням та розвантаженням протягом 20 с і записом діаграми в координатах Р (навантаження) – h (глибина впровадження індентора) [10]. Показники діаграми P_{\max} , h_{\max} та інші фіксувалися автоматично за даними двох тисяч точок на діаграмі індентування і проводилося автоматичне обчислення таких характеристик матеріалу, як твердість, модуль Юнга, коефіцієнт пластичності. З метою збільшення діапазону вимірювань дослідження проводили під кутом $20 - 45^\circ$ до зони з'єднання. В таблицях даних введені такі позначення: Н – значення мікротвердості за Мейером, ГПа; Е – модуль Юнга, ГПа; $K_{\text{пласт}}$ – коефіцієнт пластичності.

Оцінювання впливу параметрів дифузійного зварювання у вакуумі на формування з'єднань зі сплаву ЖС6К без проміжних прошарків проводили в температурному інтервалі 900–1200 °С, при тиску 20 МПа та тривалості зварювання 20 хв. Встановлено, що навіть при $T_{зв} = 1200$ °С у зоні з'єднання спостерігається значна кількість дефектів у вигляді суцільного ланцюга пор і оксидних включень (рис. 1). Утворення загальних зерен у стику не виявлено.

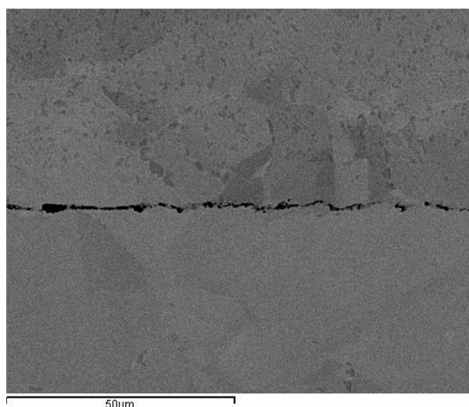
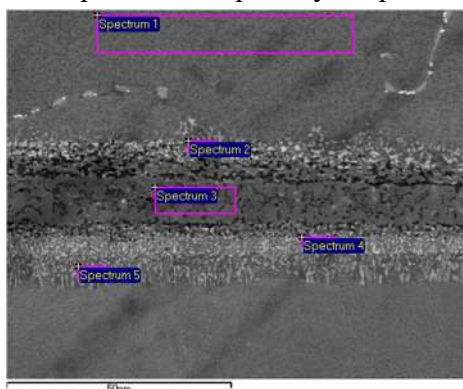


Рис. 1. Мікроструктура зварного з'єднання сплаву ЖС6К, отриманого на режимі: $T_{зв} = 1200$ °С, $P_{зв} = 20$ МПа, $t_{зв} = 20$ хв

Високу дефектність зони з'єднання можна пояснити низькою пластичністю жароміцного нікелевого сплаву, яка не дозволяє на заданому режимі забезпечити достатню деформацію приповерхневих шарів металу, і як наслідок неможливість утворити повний фізичний контакт.

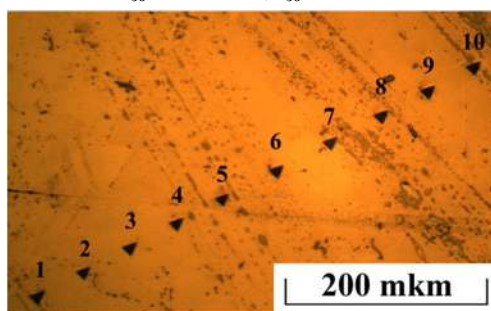
Подальші дослідження виконували з використанням БФ Со/Ті. Зварювання проводили при таких параметрах дифузійного зварювання: $T_{зв} = 1050$ °С, $P_{зв} = 20$ МПа, $t_{зв} = 20$ хв. В області з'єднання формується дифузійна зона (~ 30 мкм), що складається з шарів із різним хімічним і фазовим складом (рис. 2). Розподіл хімічних елементів в зоні з'єднання свідчить про їх високу дифузійну рухливість. У стику внаслідок хімічної взаємодії елементів формуються шари інтерметалідів на основі системи Ті–Ni–Со, наявність яких забезпечує високу мікротвердість зони з'єднання (рис. 3).

З метою вирівнювання вмісту легуючих елементів та мікромеханічних властивостей зони з'єднання було збільшено тривалість процесу зварювання вдвічі.



	Вміст елементів, % ваг.						
	Al	Ti	Cr	Co	Ni	Mo	W
Spectrum 1	4,3	2,57	12,4	10,14	62,22	4,45	3,91
Spectrum 2	2,87	11,04	12,75	8,67	55,68	5,04	3,95
Spectrum 3	1,41	21,83	3,53	15,58	57,62	–	0,04
Spectrum 4	1,86	14,36	9,62	10,17	53,58	5,63	4,77
Spectrum 5	4,36	6,89	12,04	8,9	56,45	5,3	6,05

Рис. 2. Мікроструктура зварного з'єднання жароміцного нікелевого сплаву ЖС6К, отриманого з використанням наношаруватої фольги Со/Ті на режимі: $T_{зв} = 1050$ °С, $P_{зв} = 20$ МПа, $t_{зв} = 20$ хв



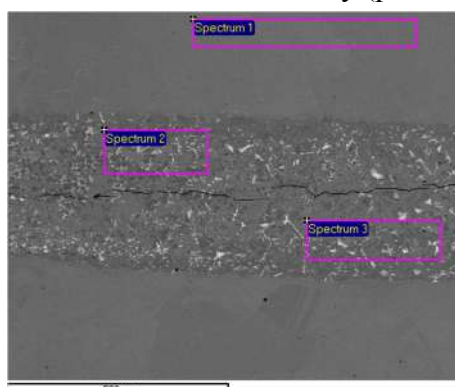
а

№ з/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Середнє значення
H, ГПа	4,868	5,279	5,075	5,322	5,809	5,105	5,041	4,863	4,960	4,975	5,130
E, ГПа	177,8	213,8	214,9	224,8	213,8	221,8	193,5	206,5	229,1	227,3	212,3
K _{пласт}	0,881	0,891	0,895	0,895	0,878	0,898	0,885	0,895	0,903	0,902	0,892

б

Рис. 3. Результати автоматичного інденування з'єднання ЖС6К+ Со/Ті+ ЖС6К, отриманого на режимі: $T_{зв} = 1050$ °С, $P_{зв} = 20$ МПа, $t_{зв} = 20$ хв: а – відбитки, отримані при інденуванні; б – таблиця розрахунків

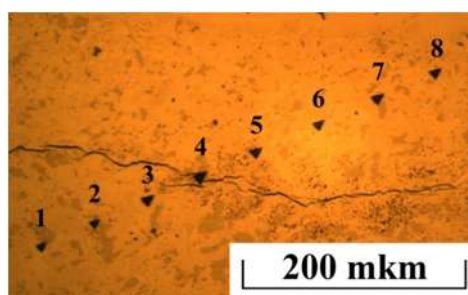
Встановлено, що збільшення часу витримки при температурі зварювання сприяє формуванню більш однорідної за хімічним складом дифузійної зони, яка за своїм вмістом хімічних елементів близька до основного металу (рис. 4).



	Вміст елементів, % ваг.						
	Al	Ti	Cr	Co	Ni	Mo	W
Spectrum 1	4,05	3,09	12,25	10,23	62,13	4,12	4,13
Spectrum 2	4,07	12,79	9,36	11,04	54,53	4,01	4,19
Spectrum 3	3,96	12,17	9,14	10,78	56,98	3,74	3,22

Рис. 4. Мікроструктура зварного з'єднання жароміцного нікелевого сплаву ЖС6К, отриманого з використанням наночаруватої фольги Co/Ti на режимі: $T_{зв} = 1050 \text{ }^\circ\text{C}$, $P_{зв} = 20 \text{ МПа}$, $t_{зв} = 40 \text{ хв}$

Аналіз зміни мікромеханічних властивостей зони з'єднання (рис. 5) показав, що область стику має мікротвердість нижчу за мікротвердість вихідного нікелевого сплаву. Також варто зазначити, що збільшення часу зварювання значною мірою впливає на властивості сплаву ЖС6К, викликає суттєве зростання мікротвердості (~30 %) та зниження коефіцієнта пластичності. Причиною цього може бути інтенсивний ріст зерна у процесі зварювання. Суттєва розбіжність у мікротвердості окремих ділянок зварного з'єднання призводить до утворення значних термічних напружень і як наслідок до розтріскування зразків на стадії охолодження.



№ з/п	1	2	3	4	5	6	7	8	Середнє значення
H, ГПа	7,418	7,672	6,483	4,489	6,414	6,574	6,540	8,619	6,776
E, ГПа	198,5	194,1	219,6	182,2	194,8	201,0	241,2	246,6	209,8
$K_{\text{пласт}}$	0,840	0,831	0,871	0,894	0,858	0,856	0,881	0,845	0,860

б

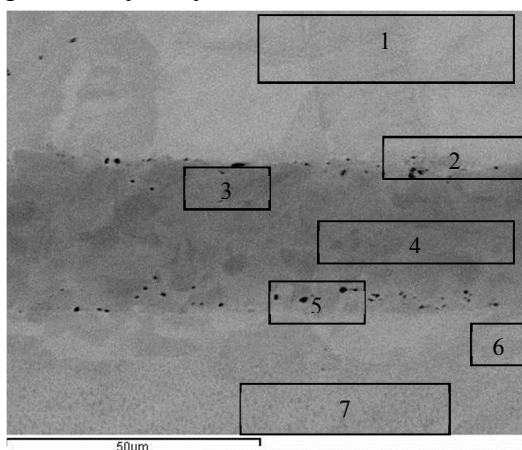
Рис. 5. Результати автоматичного індентування з'єднання ЖС6К+Co/Ti+ ЖС6К, отриманого на режимі: $T_{зв} = 1050 \text{ }^\circ\text{C}$, $P_{зв} = 20 \text{ МПа}$, $t_{зв} = 40 \text{ хв}$:

а – відбитки, отримані при індентуванні; б – таблиця розрахунків

Дифузійне зварювання зразків через БФ Al/Ni проводили при таких технологічних параметрах: $T_{зв} = 1050 \text{ }^\circ\text{C}$, $P_{зв} = 20 \text{ МПа}$, $t_{зв} = 20 \text{ хв}$. Встановлено, що використання як проміжного прошарку багаточарової фольги Al/Ni забезпечує формування зварного з'єднання з мінімальною кількістю дефектів, у зонах з'єднання прошарок – сплав ЖС6К

спостерігаються окремі пори (рис. 6). Отримані результати дозволяють припустити, що пористість на границях прошарку формується за рахунок зустрічної дифузії елементів з нікелевого сплаву в прошарок Al/Ni й у протилежному напрямку (ефект Кіркіндала).

Використання прошарку системи Al-Ni забезпечує формування з'єднання і сприяє активному протіканню у стику дифузійних процесів. Взаємна дифузія компонентів сплаву і фольги призводить до формування у стику дифузійної зони шириною ~30 мкм. БФ Al/Ni забезпечує формування однорідної за хімічним складом дифузійної зони з монотонним характером розподілу легуючих елементів.

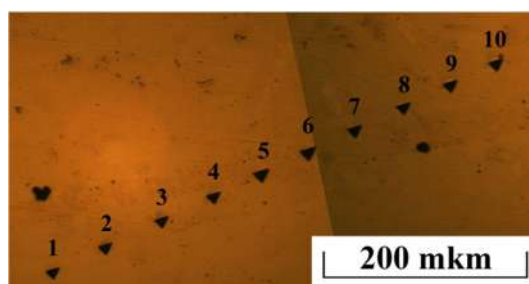


	Вміст елементів, % ваг.						
	Al	Ti	Cr	Co	Ni	Mo	W
Spectrum 1	3,42	2,34	11,26	10,36	64,02	4,13	4,48
Spectrum 2	3,46	1,57	9,8	9,07	68,31	3,83	3,95
Spectrum 3	9,45	1,24	3,1	2,61	83,16	–	0,43
Spectrum 4	10,54	0,58	2,74	2,01	84,13	–	–
Spectrum 5	8,89	1,6	3,54	3,27	79,68	1,52	1,51
Spectrum 6	3,94	2,77	11,83	10,44	63,22	4,29	3,51
Spectrum 7	3,62	1,83	10,9	9,47	66,32	3,64	4,21

Рис. 6. Мікроструктура зварного з'єднання ЖС6К+Al/Ni+ЖС6К, отриманого на режимі:
 $T_{зв} = 1050 \text{ }^\circ\text{C}$, $P_{зв} = 20 \text{ МПа}$, $t_{зв} = 20 \text{ хв}$

Аналіз зміни мікротвердості (рис. 7) показує, що зона з'єднання має мікротвердість нижчу за мікротвердість матеріалу сплаву ЖС6К у вихідному стані. Формування зони з дещо вищими значеннями коефіцієнта пластичності дозволяє запобігти розтріскуванню зразків на стадії охолодження.

Наведені результати свідчать про перспективність використання багатошарових фольг як проміжні прошарки під час дифузійного зварювання жароміцних сплавів на нікелевій основі. Застосування таких проміжних прошарків дозволяє суттєво пом'якшити умови зварювання.



а

Рис. 7. Результати автоматичного індентування зварного з'єднання ЖС6К+Al/Ni+ЖС6К, отриманого на режимі: $T_{зв} = 1050 \text{ }^\circ\text{C}$, $P_{зв} = 20 \text{ МПа}$, $t_{зв} = 20 \text{ хв}$:
 а – відбитки, отримані при індентуванні; б – таблиця розрахунків

№ з/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Середнє значення
Н, ГПа	4,872	4,853	5,022	4,610	3,788	3,490	4,238	4,820	4,546	4,604	4,484
Е, ГПа	193,0	194,5	201,4	179,1	188,5	167,3	182,3	188,5	195,4	195,4	185,8
$K_{\text{пласт}}$	0,887	0,888	0,890	0,885	0,910	0,907	0,895	0,887	0,898	0,879	0,892

б

Рис. 7. Закінчення (див. також с.68)

Висновки.

1. Складність отримання з'єднань із жароміцних сплавів на основі нікелю методом дифузійного зварювання полягає в наявності на їх поверхні шару, який складається із стійкого оксиду. Низька пластичність сплавів негативно впливає на формування фізичного контакту і, як наслідок цього, на процес схоплювання поверхонь.

2. Встановлено, що використання як проміжних прошарків БФ Со/Ті у процесі дифузійного зварювання у вакуумі нікелевого жароміцного сплаву призводить до формування в стику шарів сполук на основі системи Ті–Ni–Со, наявність яких обумовлює високу мікротвердість зони з'єднання, що призводить до утворення значних термічних напружень, унаслідок чого відбувається розтріскування зразків.

3. Показано, що використання БФ системи Al–Ni під час дифузійного зварювання нікелевого жароміцного сплаву забезпечує утворення з'єднань, сприяє активному протіканню дифузійних процесів з формуванням у стику однорідної за хімічним складом дифузійної зони з монотонним характером розподілу легуючих елементів.

Список використаних джерел

1. Столяров В. Н. Жаропрочные соединения никелевых сплавов, выполненных диффузионной сваркой и прессовой сваркой-пайкой / В. Н. Столяров // Сварочное производство. – 1971. – № 1. – С. 26–29.
2. Диффузионная сварка с принудительным деформированием дисперсно-упрочненного сплава на основе никеля / Э. С. Каракозов, А. П. Терновский, Т. С. Самсонова и др. // Сварочное производство. – 1984. – № 6. – С. 15–17.
3. Квасницкий В. Ф. Интенсификация процесса диффузионной сварки жаропрочных сплавов / В. Ф. Квасницкий, Л. И. Маркашова // Автоматическая сварка. – 2004. – № 8. – С. 16–19.
4. Мусин Р. А. Диффузионная сварка жаропрочных сплавов / Р. А. Мусин, В. Н. Анциферов, В. Ф. Квасницкий. – М. : Металлургия, 1979. – 208 с.
5. Davies B. J. Diffusion bonding and pressure brazing of Nimonic 90 nickel-chromium-cobalt alloy / B. J. Davies, S. Stephenson // British Welding Journal. – 1962. – Vol. 2, № 3. – Pp. 139–148.
6. Устинов А. И. Многослойные фольги Ti/Al: методы получения, свойства и применение при сварке / А. И. Устинов, Ю. В. Фальченко, Т. В. Мельниченко и др. // Современная электрометаллургия. – 2012. – № 1. – С. 30–37.
7. Diffusion welding of TiAl alloys through nano-layered foil of Ti/Al system / A. I. Ustinov, Yu. V. Falchenko, A. Ya. Ishchenko et al. // Intermetallic. – 2008. – № 16. – Pp. 1043–1045.
8. Дослідження дифузійних процесів у зварних з'єднаннях алюмініду титану (TiAl) / Г. К. Харченко, В. Ф. Мазанко, А. І. Устїнов та ін. // Вісник ЧДТУ. Серія технічні науки. – 2009. – № 37. – С. 117–119.
9. Сорокин Л. И. Свариваемость жаропрочных никелевых сплавов типа ЖС6 / Л. И. Сорокин, В. И. Лукин, Ю. С. Багдасаров // Сварочное производство. – 1997. – № 6. – С. 12–17.
10. Уравнение индентирования / С. А. Фирстов, В. Ф. Горбань, Э. П. Печковский, Н. А. Мамека // Доклади Національної академії наук України. – 2007. – № 12. – С. 100–106.

References

1. Stoliarov, V.N. (1971). Zharoprochnye soedineniia nikelovykh spлавov, vypolnennykh difuzionnoi svarkoi i pressovoi svarkoi-paikoi [Heat-resisting junctions of nickel alloys made by diffusion welding and press welding-brazing]. *Svarochnoe proizvodstvo – Welding Production*, no. 1, pp. 26–29 (in Russian).
2. Karakozov, E.S., Ternovskii, A.P., Samsonova, T.S., Davidian, E.V., Khaiurov, S.S., Polkin, I.S. (1984). Diffuzionnaia svarka s prinuditelnym deformirovaniem dispersno-uprochnennogo

splava na osnove nikelia [Diffusion welding with constrained deformation of dispersion-strengthened alloy on nickel base]. *Svarochnoe proizvodstvo – Welding Production*, no. 6, pp. 15–17 (in Russian).

3. Kvasnitckii, V.F., Markashova, L.I. (2004). Intensifikatsiia protsesa diffuzionnoi svarki zharoprochnykh splavov [Intensification of the process of diffusion welding of heat-resisting alloys]. *Avtomaticheskaiia svarka – Automatic Welding*, no. 8, pp. 16–19 (in Russian).

4. Musin, R.A., Antciferov, V.N., Kvasnitckii, V.F. (1979). *Diffuzionnaia svarka zharoprochnykh splavov [Diffusion welding of heat-resisting alloys]*. Moscow: Metallurgiiia (in Russian).

5. Davies, B.J., Stephenson, S. (1962). Diffusion bonding and pressure brazing of Nimonic 90 nicbel-cbromium-cobalt alloy. *British Welding Journal*, vol. 2, no 3, pp. 139–48.

6. Ustinov, A.I., Falchenko, Iu.V., Melnichenko, T.V., Kharchenko, G.K., Petrushinetc, L.V., Shishkin, E.A. (2012). Mnogosloinye folgi Ti/Al: metody polucheniiia, svoistva i primenenie pri svarke [Multilayered foils]. *Sovremennaia elektrometallurgiiia – Modern electrometallurgy*, no. 1, pp. 30–37 (in Russian).

7. Ustinov, A.I., Falchenko, Yu.V., Ishchenko, A.Ya., Kharchenko, G.K., Melnichenko, T.V., Muraveynik, A.N., (2008). Diffusion welding of TiAl alloys through nano-layred foil of Ti/Al system. *Intermetallic*, no 16, pp. 1043 – 1045.

8. Kharchenko, H.K., Mazanko, V.F., Ustinov, A.I., Falchenko, L.V., Petrushynets, Yu.V. (2009). Doslidzhennia dyfuziinykh protsesiv u zvarnykh ziednanniakh aliuminidu tytanu (TiAl) [Investigation of diffusive processes in welded junctions of titanium aluminum (TiAl)]. *Visnyk ChDTU. Seriiia tekhnichni nauky – Visnyk ChDTU. Technical Sciences Series*, no. 37, pp. 117–119 (in Ukrainian).

9. Sorokin, L.I., Lukin, V.I., Bagdasarov, Iu.S. (1997). Svarivaemost zharoprochnykh nikelovykh splavov tipa ZhS6 [Weldability of heat-resisting nickel alloys of type ZhS6]. *Svarochnoe proizvodstvo – Welding Production*, no. 6, pp. 12–17 (in Russian).

10. Firstov, S.A., Gorban, V.F., Pechkovskii, E.P., Mameka, N.A. (2007). Uravnenie indentirovaniia [Equation indentation]. *Dopovidi Natsionalnoi akademii nauk Ukraini – Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine*, no. 12, pp. 100–10 (in Russian).

UDC 621.791.4

*Lidiia Petrushynets, Iurii Falchenko, Anatolii Ustinov,
Tetiana Melnychenko, Oleg Novomlynets*

DIFFUSION WELDING IN A VACUUM OF A HEAT-RESISTING ALLOY ON A NI-BASE

Urgency of the research. Diffusion welding of Ni-based heat-resistant alloys is a process of great perspective.

Target setting. Obtaining the joint of Ni-based heat-resistant alloys by diffusion welding is complicated by existence of oxide layer on the surface and alloys low plasticity.

Actual scientific researches and issues analysis. When welding the heat-resistant Ni-based alloys, it is necessary to apply fairly intensive welding modes.

Uninvestigated parts of general matters defining. Application of interlayers of pure plastic metals contributes to the formation of welded joint, although creates areas of chemical inhomogeneity which adversely affects the physical and chemical properties of the joint.

The research objective. Investigation of effect from the structural parameters and chemical composition of multilayer foil on the formation of the joints from heat-resistant Ni-based alloy.

The statement of basic materials. Welding of ZhS6K alloy through interlayers of multilayered Al – Ni and Co – Ti foils was studied.

Conclusions. The difficulty to obtain the joints of nickel-based heat-resistant alloys by diffusion welding lies in the presence of a stable oxide layer on the alloy surface. Low plasticity of alloys negatively affects the formation of physical contact and therefore on surfaces co-adhesion.

It was established that use of interlayers of Co-Ti foil during vacuum diffusion welding of nickel-based heat-resistant alloy leads to the formation of Ti-Ni-Co-based layers which provides high microhardness of the joint zone that leads to the formation of significant thermal stresses, resulting in samples cracking.

It is shown that use of Al-Ni foil in the diffusion welding of nickel-based heat-resistant alloy ensures the formation of the joint, promotes the active diffusion processes with the formation of a uniform diffusion zone with a monotonous distribution of alloying elements in the joint.

Key words: Vacuum diffusion welding; ZhS6K; multilayered foil; microstructure; microindentation.

Fig.: 7. Bibl.: 10.

*Лидия Петрушинец, Юрий Фальченко, Анатолий Устинов,
Татьяна Мельниченко, Олег Новомлинец*

ДИФУЗИОННАЯ СВАРКА В ВАКУУМЕ ЖАРОПРОЧНОГО СПЛАВА НА Ni ОСНОВЕ

Сложность получения соединений из жаропрочных сплавов на основе никеля методом диффузионной сварки в вакууме состоит прежде всего в наличии на их поверхности слоя оксида, который препятствует образованию сварного соединения. Сплавы этой группы также имеют малую пластичность, что в свою очередь препятствует схватыванию контактных поверхностей на стадии образования физического контакта. Для облегчения условий удаления оксидной пленки со свариваемых поверхностей и локализации пластической деформации в стыке необходимо применение тонких прослоек. В качестве таких прослоек в работе рассмотрены многослойные фольги систем Al-Ni и Co-Ti, полученные методом электронно-лучевого испарения и конденсации в вакууме. В работе исследовано влияние химического состава многослойных фольг на структуру сварных соединений жаропрочных сплавов, полученных с их помощью.

Ключевые слова: диффузионная сварка в вакууме; ЖСБК; многослойные фольги; микроструктура; микроиндентирование.

Рис.: 7. Библ.: 10.

Петрушинець Лідія Вячеславівна – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, Інститут електросварювання ім. Є. О. Патона НАН України (вул. Малевича, 11, м. Київ, 03680, Україна).

Петрушинец Лидия Вячеславовна – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины (ул. Малевича, 11, г. Киев, 03680, Украина).

Petrushynets Lidiia – PhD in Technical Sciences, senior staff scientist, Paton Electric Welding Institute of NAS of Ukraine (11 Malevich Str., 03680 Kyiv, Ukraine).

E-mail: moremia2@ukr.net

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7946-3056>

Фальченко Юрій В'ячеславович – доктор технічних наук, старший науковий співробітник, Інститут електросварювання ім. Є. О. Патона НАН України (вул. Малевича, 11, м. Київ, 03680, Україна).

Фальченко Юрий Вячеславович – доктор технических наук, старший научный сотрудник, Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины (ул. Малевича, 11, г. Киев, 03680, Украина).

Falchenko Iurii – Doctor of Technical Sciences, senior staff scientist, Paton Electric Welding Institute of NAS of Ukraine (11 Malevich Str., 03680 Kyiv, Ukraine).

E-mail: falchenko@paton.kiev.ua

Scopus Author ID: 7801687476

Устинов Анатолий Иванович – доктор фізико-математичних наук, Інститут електросварювання ім. Є. О. Патона НАН України (вул. Малевича, 11, м. Київ, 03680, Україна).

Устинов Анатолий Иванович – доктор физико-математических наук, Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины (ул. Малевича, 11, г. Киев, 03680, Украина).

Ustinov Anatolii – Doctor of Physico-Mathematical Sciences, Paton Electric Welding Institute of NAS of Ukraine (11 Malevich Str., 03680 Kyiv, Ukraine).

E-mail: ustinov3@yandex.ru

Scopus Author ID: 7102930399

Мельниченко Тетяна Всеволодівна – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, Інститут електросварювання ім. Є. О. Патона НАН України (вул. Малевича, 11, м. Київ, 03680, Україна).

Мельниченко Татьяна Всеволодовна – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины (ул. Малевича, 11, г. Киев, 03680, Украина).

Melnychenko Tetiana – PhD in Technical Sciences, senior staff scientist, Paton Electric Welding Institute of NAS of Ukraine (11 Malevich Str., 03680 Kyiv, Ukraine).

E-mail: melnychenko1@mail.ru

Scopus: Author ID: 12802654100

Новомлинець Олег Олександрович – кандидат технічних наук, доцент, перший проректор, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

Новомлинец Олег Александрович – кандидат технических наук, доцент, первый проректор, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

Novomlinets Oleg – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, First pro-rector, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenko Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: oon1@ukr.net

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0774-434X>

Scopus Author ID: 6507741249

УДК 621.365.2:681.5

DOI: 10.25140/2411-5363-2017-3(9)-72-78

Роман Хрестін

СКЛАДАННЯ АЛГОРИТМУ ДІЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПРИВОДОМ ПЕРЕМІЩЕННЯ ЕЛЕКТРОДІВ ДУГОВОЇ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЇ ПЕЧІ

Актуальність теми дослідження. З огляду на ускладнення технологічних процесів електротермічного устаткування, постійно зростає рівень вимог до цього устаткування, стає необхідним все більш різнобічний та точний аналіз режимів його дії та проведення модернізації систем автоматичного керування цим устаткуванням.

Постановка проблеми. Забезпечення заданого електричного режиму дугової сталеплавильної печі здійснюється регулюванням довжини дуги та струму дуги. Таким чином, безумовно, важливими є питання, що пов'язані з побудовою системи автоматичного управління приводом переміщення електродів печі, яка здійснює вимірювання параметрів, що впливають на плавлення та виробляє керуючі впливи за закладеним алгоритмом для забезпечення встановленого електричного і технологічного режиму роботи печі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останніми роками дослідження зазначеної проблеми проводилося в багатьох наукових працях, в яких були запропоновані різноманітні підходи до побудови приводів переміщення електродів, їх автоматичних регуляторів та алгоритмів дії таких регуляторів.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Недоліком існуючих алгоритмів управління є те, що вони не дозволяють скоротити витрати матеріалу електродів, кількість та час аварійних переривань дії дугової сталеплавильної печі. Задані переривання існують завдяки неоднорідності складу шихти та пов'язаних з нею особливостей протікання процесу плавлення. Між масивними шматками шихти існують порожнини. У разі потрапляння електрода до такої порожнини дуга різко подовжується, електрод опускається в порожнину на підвищеній швидкості. При цьому можливими стають обвали масивних шматків шихти, що оточують порожнину, на електрод. В такому випадку відбувається сколювання або, навіть, зламвання електрода. Зіткнення електрода з такими шматками шихти призводить до аварійного короткого замикання і переривання плавлення.

Постановка завдання. Метою роботи є отримання більш ефективного алгоритму управління приводом переміщення електродів, який має запобігати розвитку аварій, що відбуваються у результаті описаних вище процесів.

Виклад основного матеріалу. Алгоритм управління приводом переміщення електродів складається з восьми можливих робочих та трьох аварійних станів системи. Кожен зі станів характеризується величинами таких змінних стану (показниками стану системи): l – висота підйому електрода; w – кутова швидкість двигуна; i_d – струм дуги; U_n – напруга живлення системи управління приводом переміщення електрода; U_c – напруга силового джерела живлення. Кожному стану системи відповідає наявність управляючих команд: «START» – дозвіл на початок дії печі; «STOP» – дозвіл на закінчення плавлення; «ZDN» – дозвіл на встановлення ненульового завдання за струмом дуги; «TM» – дозвіл на дію таймера (команда використовується тільки в аварійних станах).

Запропонована система управління приводом переміщення електродів може знаходитись в одній з трьох конфігурацій (CV1, CV2 та CV3). У роботі наведено алгоритм, за яким виборча ланка (арбітр) змушує систему управління переходити до однієї з описаних конфігурацій.

Висновки. Запропоновано структуру системи управління приводом переміщення електродів та сформульовано вимоги до її дії. Складено граф-схему алгоритму дії системи управління. Описані можливі стани системи та переходи між ними. Визначені можливі умови переходу системи до аварійного стану та способи повернення її до нормального режиму роботи.

Ключові слова: алгоритм управління; параметри плавки; привод переміщення електродів; дугова сталеплавильна піч.
Рис.: 3. Бібл.: 6.

Постановка проблеми. Відомо, що електричний режим дугової сталеплавильної печі (ДСП) протягом плавлення є нестабільним і супроводжується різкими коливаннями потужності [1]. Забезпечення заданого електричного режиму печі здійснюється регулюванням довжини дуги та, через це, струму дуги. Таким чином, безумовно, важливими є питання, що пов'язані з побудовою системи автоматичного управління (СУ) приводом переміщення електродів ДСП, яка здійснює вимірювання параметрів, що впливають на плавлення та виробляє керуючі впливи по закладеному алгоритму для забезпечення встановленого електричного і технологічного режиму роботи печі.

При цьому, з огляду на ускладнення технологічних процесів, постійно зростає рівень вимог до цього устаткування. Отже, стає необхідним все більш різнобічний та точний аналіз режимів дії електротермічного устаткування та проведення модернізації систем автоматичного керування цим устаткуванням на основі проведеного аналізу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останніми роками дослідження встановленої проблеми проводилося в роботах [2–6], у яких були розглянуті математичні моделі отриманих систем управління та аналіз їх дії. У даних роботах запропоновані різ-

номанітні підходи до побудови приводів переміщення електродів (ППЕ), їх автоматичних регуляторів та алгоритмів дії таких регуляторів.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Недоліком існуючих алгоритмів управління є те, що вони не дозволяють скоротити витрати матеріалу електродів, кількість та час аварійних переривань дії ДСП. Згадані переривання існують завдяки неоднорідності складу шихти та пов'язаних з нею особливостей протікання процесу плавлення. Між масивними шматками шихти існують порожнини. У разі потрапляння електрода до такої порожнини дуга різко подовжується. Система управління ППЕ «намагається» скоротити довжину дуги, з метою відновлення номінальної величини струму дуги. В результаті електрод опускається в порожнину на підвищеній швидкості. При цьому можливими стають обвали масивних шматків шихти, що оточують порожнину, на електрод. У такому випадку відбувається сколювання або, навіть, зламування електрода. Зіткнення електрода з такими шматками шихти призводить до аварійного короткого замикання і переривання плавлення. Зламування ж електрода викликає необхідність довготривалого аварійного переривання плавки: потрібний час на заміну електрода. За час переривання плавки шихта встигає помітно охолонути, доводиться знов витратити енергію на нагрівання шихти. До того ж описані процеси можуть призводити до порушення умов технологічного процесу плавки, що негативно впливає на якість отриманої сталі.

Мета статті. З огляду на вищевказане метою роботи є отримання більш ефективного алгоритму управління ППЕ ДСП, який має запобігати розвитку аварій, що відбуваються у результаті описаних процесів.

Виклад основного матеріалу. Алгоритм управління приводом має забезпечувати такі дії системи управління: первинне запалювання дуги; підтримання заданого значення струму дуги за рахунок автоматичного регулювання довжини дуги у робочому режимі; автоматичний підйом електрода в разі наближення до аварійного стану (під аварійним станом розуміється обвал шихти на електрод); автоматичне повернення до робочого режиму в разі закінчення аварійного стану. Граф-схема отриманого алгоритму представлена на рис. 1. Алгоритм складається з восьми можливих робочих та трьох аварійних станів системи. Кожен зі станів характеризується величинами таких змінних стану (показниками стану системи): l – висота підйому електрода; w – кутова швидкість двигуна; i_d – струм дуги; U_u – напруга живлення СУ ППЕ; U_c – напруга силового джерела живлення. Кожному стану системи відповідає наявність управляючих команд: «START» – дозвіл на початок дії ДСП; «STOP» – дозвіл на закінчення плавлення; «ZDN» – дозвіл на встановлення ненульового завдання за струмом дуги; «TM» – дозвіл на дію таймера (команда використовується тільки в аварійних станах).

Початковий стан системи (стан 0): електрод піднятий на максимальну висоту l_0 ; кутова швидкість вала двигуна ППЕ w нульова (двигун зупинено); струм дуги i_d нульовий (дуга відсутня); напруга живлення СУ ППЕ U_u нульова (СУ ППЕ вимкнена); напруга силового джерела U_c нульова (силова мережа вимкнута). Всі управляючі команди відсутні. Перехід до наступного стану відбувається, коли подається живлення від силової мережі на електрод.

Наступним станом системи є стан стоянки з мережею (стан 1): напруга живлення СУ ППЕ U_u нульова (СУ ППЕ вимкнена); електрод піднятий на максимальну висоту l_0 ; кутова швидкість вала двигуна ППЕ w нульова (двигун зупинено); струм дуги i_d нульовий (дуга відсутня); напруга силового джерела U_{cn} номінальна; при сигналі про відсутність (або невідповідний рівень) силового живлення виконується повернення до стану 0. Всі управляючі команди відсутні. Перехід до наступного стану відбувається, коли вмикається живлення СУ ППЕ.

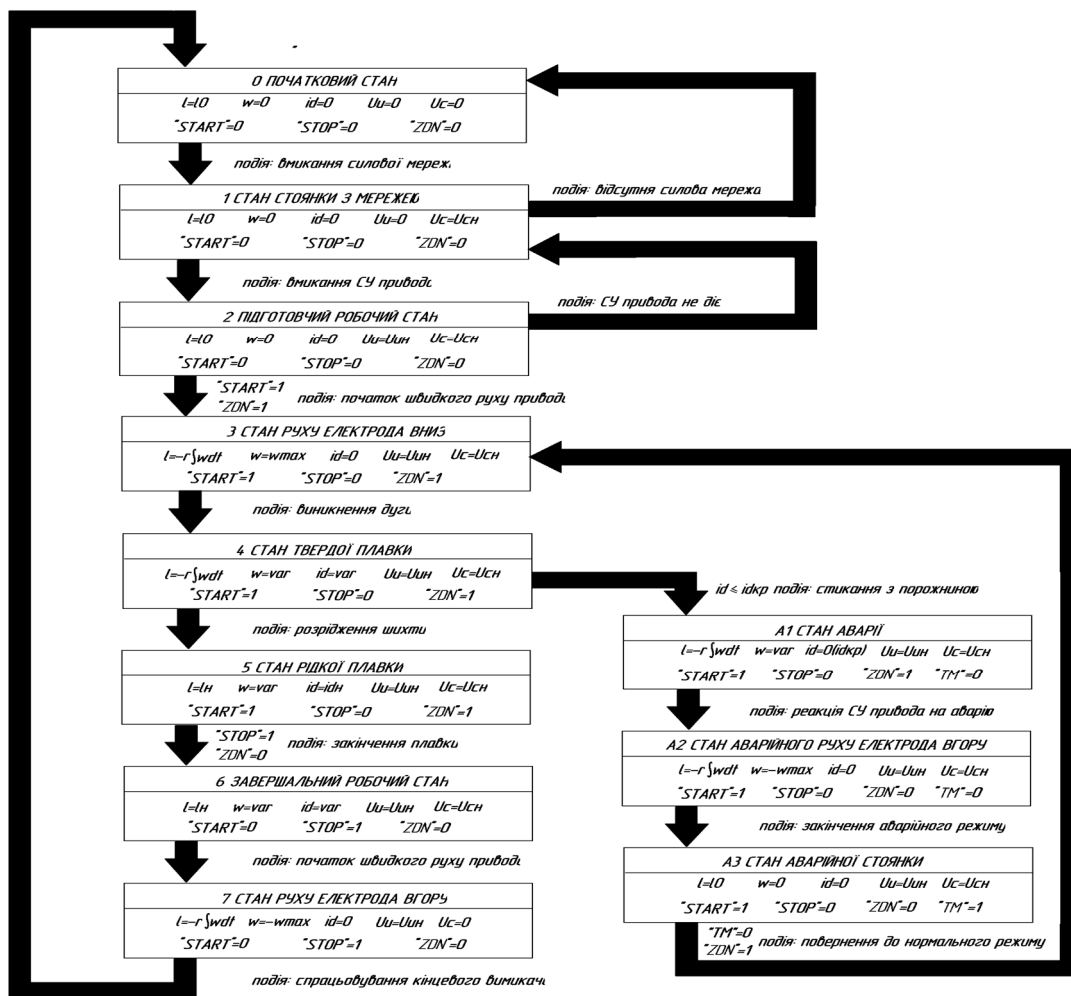


Рис. 1. Граф-схема алгоритму дії СУ приводу переміщення електродів ДСП

Наступним станом системи є підготовчий робочий стан (стан 2): напруга живлення СУ ППЕ U_u номінальна; електрод піднятий на максимальну висоту l_0 ; кутова швидкість вала двигуна ППЕ w нульова (двигун зупинено); струм дуги i_d нульовий (дуга відсутня); напруга силового джерела U_{cn} номінальна; при сигналі про аварійне вимикання СУ ППЕ виконується повернення до стану 1. Всі управляючі команди відсутні. Перехід до наступного стану відбувається, коли подається команда «START», «ZDN».

Наступним станом системи є стан руху електрода вниз (стан 3): напруга живлення СУ ППЕ U_u номінальна; висота підняття електрода l зменшується; кутова швидкість вала двигуна ППЕ w максимальна; струм дуги i_d нульовий (дуга відсутня); напруга силового джерела U_{cn} номінальна. Всі управляючі команди, крім команди «STOP», мають активний рівень. Перехід до наступного стану відбувається, коли виникає дуга.

Наступним станом системи є стан твердої плавки (стан 4): напруга живлення СУ ППЕ U_u номінальна; висота підняття електрода l та кутова швидкість вала двигуна ППЕ w змінюються в залежності від дії СУ ППЕ, яка змінює напругу живлення якоря з метою встановлення та підтримання номінального значення струму дуги i_{dn} ; напруга силового джерела U_{cn} номінальна. Всі управляючі команди, крім команди «STOP», мають активний рівень. Перехід до наступного стану відбувається, коли шихта переходить у рідкий стан.

Наступним станом системи є стан рідкої плавки (стан 5): напруга живлення СУ ППЕ U_u номінальна; висота підняття електрода незначно коливається відносно номінального значення l_n , при якому забезпечується номінальне значення струму дуги i_{dn} ; кутова швидкість вала двигуна ППЕ w незначно змінюється залежно від дії СУ ППЕ, яка

змінює напругу живлення якоря в невеликих границях; напруга силового джерела номінальна $U_{сн}$. Усі управляючі команди, крім команди «STOP», мають активний рівень. Перехід до наступного стану відбувається, коли досягаються необхідні технологічні параметри та, подається команда «STOP» та знімається команда «ZDN».

Наступним станом системи є завершальний робочий стан (стан 6): напруга живлення СУ ППЕ U_u номінальна; висота підняття електрода наближена до номінального значення l_n ; значення струму дуги i_d поступово знижується; кутова швидкість вала двигуна ППЕ ω змінюється відповідно до зміни напруги живлення якоря; напруга силового джерела має номінальне значення $U_{сн}$. Всі управляючі команди, крім команди «STOP», зняті. Перехід до наступного стану відбувається, коли обривається дуга.

Наступним станом системи є стан руху електрода вгору (стан 7): напруга живлення СУ ППЕ U_u номінальна; висота підняття електрода l зростає; кутова швидкість вала двигуна ППЕ ω максимальна; струм дуги i_d нульовий (дуга відсутня); напруга силового джерела U_c нульова (силова мережа вимкнута). Всі управляючі команди, крім команди «STOP», зняті. Перехід до початкового стану системи (стан 0) відбувається, коли спрацьовує кінцевий вимикач; при цьому всі управляючі команди «скидаються».

Від стану 4 можливим є перехід до стану аварії. Такий перехід відбувається, якщо відбувається зіткнення електрода з достатньо великою порожниною і раптовим зменшенням струму дуги до значення меншого за критичне i_{dkp} . У такому разі наступним станом системи є стан А1: напруга живлення СУ ППЕ U_u номінальна; висота підняття електрода l та кутова швидкість вала двигуна ППЕ ω змінюються в залежності від дії СУ ППЕ, яка змінює напругу живлення якоря з метою відновлення номінального значення струму дуги i_{dn} ; напруга силового джерела $U_{сн}$ номінальна. Всі управляючі команди, крім команд «STOP» та «ТМ», мають активний рівень. Перехід до наступного стану відбувається, коли знімається команда «ZDN».

Наступним станом системи є стан аварійного руху електрода вгору (стан А2): напруга живлення СУ ППЕ U_u номінальна; висота підняття електрода l зростає; кутова швидкість вала двигуна ППЕ ω максимальна; напруга силового джерела $U_{сн}$. Всі управляючі команди, крім команди «START», зняті. Перехід до наступного стану відбувається, коли електрод відводиться у безпечне положення та поданні команди «ТМ».

Наступним станом системи є стан аварійної стоянки (стан А3): напруга живлення СУ ППЕ U_u номінальна; електрод піднятий у безпечне положення; кутова швидкість вала двигуна ППЕ ω нульова; струм дуги i_d нульовий; напруга силового джерела $U_{сн}$ номінальна. Всі управляючі команди, крім команди «ТМ», зняті. Після закінчення дії таймера (скидання команди «ТМ») та подання команди «ZDN» система переходить у стан 3, тобто повертається до нормального режиму.

Таким чином, СУ ППЕ може знаходитись в одній із трьох конфігурацій (позначимо їх як СУ1, СУ2 та СУ3). Конфігурація СУ1 відповідає ситуації, в якій СУ ППЕ працює за відсутності дуги ($i_d=0$), знятих командах «START», «ZDN» та наявності напруги живлення СУ ППЕ U_u . Конфігурація СУ2 має місце, якщо кутова швидкість вала двигуна ППЕ ненульова, команда «START» має активний рівень, команду «STOP» знято, а напруга силового джерела $U_{сн}$ та напруга живлення СУ ППЕ $U_{ин}$ мають номінальні рівні. Нарешті, конфігурація СУ3 має місце за таких умов: струм дуги ненульовий, команди «START» та «ZDN» знято, команду «STOP» має активний рівень, кутова швидкість вала двигуна ППЕ ненульова, напруга силового джерела $U_{сн}$ та напруга живлення СУ ППЕ $U_{ин}$ мають номінальні рівні. Очевидно, що розрізнити ці конфігурації СУ можливо на основі лише двох ознак: стану команди «START» та наявності струму дуги i_d . Алгоритм, за яким виборча ланка (арбітр) змушує СУ ППЕ переходити до однієї з описаних конфігурацій показано на рис. 2.

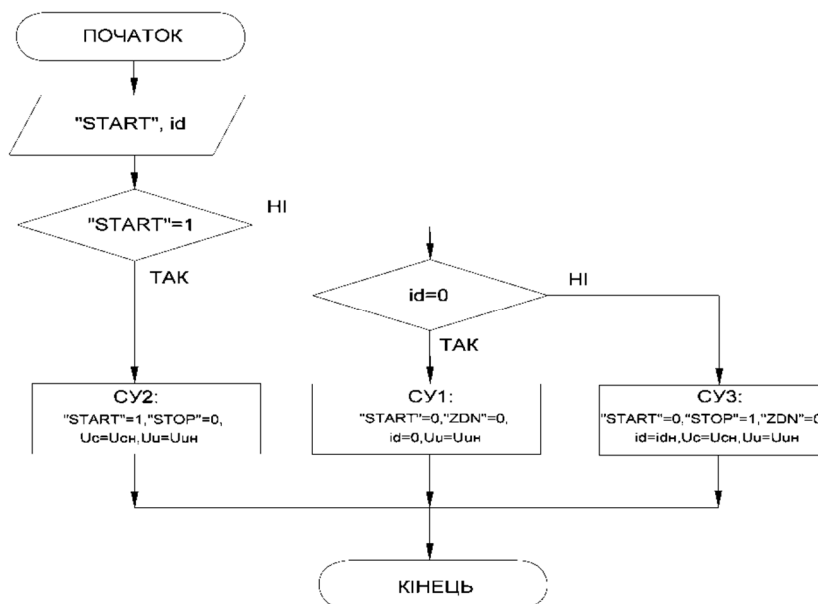


Рис. 2. Блок-схема алгоритму дії арбітра СУ привода переміщення електродів ДСП

Введення системи в дію (конфігурація СУ1) можливе за допомогою ПІ-регулятора. З огляду на необхідність реагування на швидкі та значні коливання струму дуги у процесі плавлення, конфігурацію СУ2 має забезпечувати ПІД-регулятор. Для реалізації конфігурації СУ3 достатнім є П-регулятор. Структуру СУ ППЕ, що розрізняє та завдає описані конфігурації СУ, показано на рис. 3.

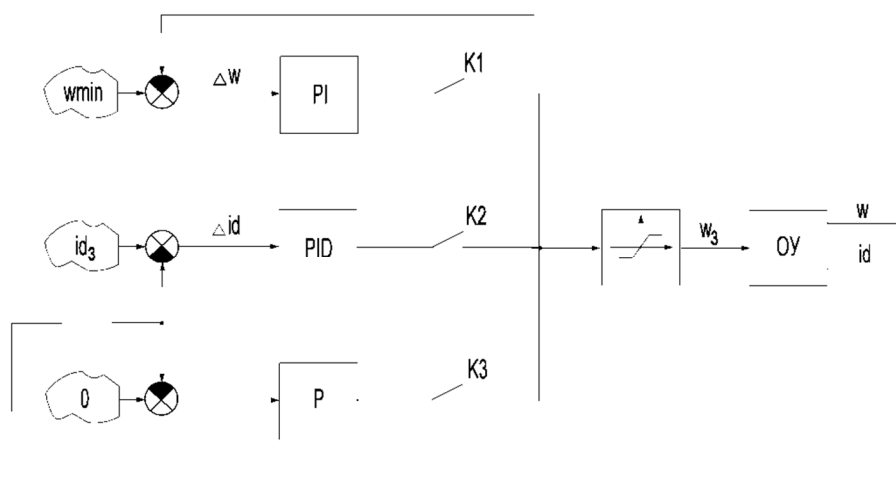


Рис. 3. Структура СУ привода переміщення електродів ДСП

Висновки. Проаналізовано умови протікання плавильного процесу ДСП. Визначені показники стану цієї системи. Запропоновано структуру СУ ППЕ ДСП та сформульовані вимоги до її дії. Складено граф-схему алгоритму дії СУ ППЕ. Описані можливі стани системи та переходи між ними. Визначені можливі умови переходу системи до аварійного стану та способи повернення її до нормального режиму роботи. Робота автоматичного регулятора, що діє за складеним алгоритмом, забезпечує економію електроенергії та матеріалу електродів при протіканні плавильного процесу в ДСП.

Список використаних джерел

1. Сидоренко М. Ф. Автоматизация и механизация электросталеплавильного и ферросплавного производств / М. Ф. Сидоренко, А. И. Косырев. – М. : Металлургия, 1975. – 272 с.
2. Елизаров В. А. Проблема создания системы автоматического управления дуговой печью малой ёмкости / В. А. Елизаров, К. А. Елизаров // III Международная конференция «Актуаль-

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

ные проблемы энергосберегающих электротехнологий» АПЭЭТ-2014 : сборник научных трудов. – Екатеринбург : УрФУ, 2014. – С. 54–58.

3. *Анализ различных вариантов построения систем автоматического управления перемещением электродов дуговых сталеплавильных печей и установок ковш-печь / А. А. Николаев, Г. П. Корнилов, П. Г. Тулупов, Е. В. Повелица // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. – 2015. – № 2. – С. 90–100.*

4. *Доманов А. В. Выбор элементов и анализ АСУ дуговой плавильной установки / А. В. Доманов, В. И. Доманов, К. Е. Карпучин // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2011. – № 5. – С. 37–42.*

5. *Лозинський А. О. Дослідження системи переміщення електродів дугової сталеплавильної печі з нечітким регулятором / А. О. Лозинський, Я. С. Паранчук, Л. І. Демків // Технічна електродинаміка. – 2014. – № 2. – С. 73–77.*

6. *Паранчук Я. С. Моделювання та дослідження режимів трифазної системи регулювання потужності дуг дугової сталеплавильної печі на основі нейрорегулятора у миттєвих координатах / Я. С. Паранчук, А. Б. Мацигін // Електротехнічні та комп'ютерні системи. – 2014. – № 15(91). – С. 190–193.*

References

1. Sidorenko, M.F. (1975). *Avtomatizatsia i mekhanizatsia elektrostaleplavilnogo i ferrosplavnogo proizvodstv [Automation and mechanization electric furnace and ferroalloy industries]*. Moscow: Metallurgia (in Russian).

2. Yelizarov, V.A., Yelizarov K.A. (2014). Problema sozdania sistemy avtomaticheskogo upravleniya dugovoi pechiu maloi yemkosti [The problem of creation of automatic control system of arc furnace of small capacity]. Proceedings from III Mezhdunarodnaia konferentsia «Aktualnye problemy energosberegayushchikh elektrotekhnologii» APEET-2014 – III International Conference "Actual problems of energy-saving electrotechnologies" APEET-2014. Ekaterinburg: UrFU, pp. 37–43 (in Russian).

3. Nikolaev, A.A., Kornilov, G.P., Tulupov, P.G., Povelitsa, E.V. (2015). Analiz razlichnykh variantov sistemy avtomaticheskogo upravleniya peremeshcheniem elektrodov dugovykh staleplavilnykh pechei i ustanovok kovsh-pech [Study of different methods to design automated electrode position control systems for electric arc furnaces and ladle furnaces]. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Noscova – Vestnik of Noscov Magnitogorsk State Technical University*, no. 2, pp. 90–100 (in Russian).

4. Domanov, A.V., Domanov, V.I., Karpukhin, K.E. (2011). Vyborelementov i analiz ASU dugovoi plavilnoi ustanovki [Selecting elements and analysis of the arc melting facility ACS]. *Promyshlennye ASU i kontrolyery – Industrial control systems and controllers*, no. 5, pp. 37–42 (in Russian).

5. Lozynskiy, A.O., Paranchuk, Ia.S., Demkiv, L.I. (2014). Doslidzhennia sistemy peremeshchenia elektrodov duhovoi staleplavilnoi pechi z nechitkym rehuliatorom [Investigation of the electrodes movement system of arc furnace fuzzy controller]. *Tekhnichna elektrodynamika – Technical electrodynamics*, no. 2, pp. 73–77 (in Ukrainian).

6. Paranchuk, Ia.S., Matsygin, A.B. (2014). Modeluvannia ta doslidzhennia sistemy rehuluvannia potuzhnosti duh duhovoi staleplavilnoi pechi na osnovi neirorehuliatora u myttevykh koordynatakh [Modeling and research of a three-phase electric arc furnace arc power regulation system with neuro-controller in the instantaneous coordinates]. *Elektrotekhnichni ta komputerni sistemi – Electrotechnic and computer systems*, no. 15 (91), pp. 190–193 (in Ukrainian).

UDC 621.365.2:681.5

Roman Khrestin

COMPOSITING THE ACTION ALGORITHM OF ACTUATOR CONTROL SYSTEM FOR MOVING ELECTRODES OF AN ARC FURNACE

Urgency of the research. In view of the complications of the technological processes of electro-thermal equipment, the level of requirements for this equipment is constantly increasing, more and more comprehensive and precise analysis of its modes of operation and modernization of the systems of automatic control of this equipment becomes increasingly necessary.

Target setting. The aim of this paper is to construct action algorithm an control system of drive moving electrodes of electric arc furnace (EAF). The algorithm should be relatively simple and, at the same time, take into account all the basic requirements for EAF action.

Actual scientific researches and issues analysis. In recent years, the study of the established problem has been carried out in a number of scientific works, in which various approaches to the construction of drives for the movement of electrodes, their automatic regulators and algorithms for the operation of such regulators were proposed.

Uninvestigated parts of general matters defining. The disadvantage of existing control algorithms is that they do not allow to reduce the cost of the material of the electrodes, the amount and time of emergency interruptions of the arc furnace. The mentioned interruptions are due to the heterogeneity of the composition of the charge and its associated peculiarities of the melting process. There are cavities between the massive pieces of the charge. When the electrode enters such a cavity, the arc is sharply lengthened, the electrode is lowered into the cavity at an elevated velocity. In this case, the obstruction of massive pieces of charge surrounding the cavity, on the electrode becomes possible. In this case, there is a cracking or even a breakdown of the electrode. The contact of the electrode with such pieces of the charge leads to an emergency short circuit and interruption of the melt.

The research objective. The main requirements are: provision of primary arc ignition; automatic lifting of the electrode when approaching an emergency situation (emergency situation is considered fall batch on the electrode); automatic return to the normal operating mode at the end of an emergency mode.

The statement of basic materials. The algorithm takes into account of possible working and emergency of the system states. Described conditions of the transition between states. As an the working states allocated: the initial state of the system (state 0), state stop with network (state1), state of preparatory work (state2), state of movement of the electrode down (state3), state of melting the solid (state4), state of melting the liquid (state5), closing operating state (state6), state of movement of the electrode up (state7). To emergency states include: emergency state (state A1), state of emergency movement of the electrode up (stateA2), state of emergency stop (stateA3). Each of the state is characterized by of state variables (identifiers of the system): l - electrode lifting height; θ - angle of rotation of the motor shaft; w - angular velocity of the engine; i_d - current arc; U_z - voltage armature; U_c - supply voltage arc. Each state of the system corresponds to the presence of of governors commands: «POV» - permit for deviations from the minimum angle of rotation of the motor shaft; «OBR» - permit for interrupt the arc; «START» - permit for drive move; «ZDN» - permission to install the nominal value a working current arc; «TM» - permit for timer action.

Conclusions. Job of the automatic regulator, which acts by folded algorithm provides energy savings and savings the electrode material, during the flow of the melting process in the EAF. References 6.

Key words: control algorithm; parameters smelting; the drive moving electrode; electric arc furnace.

Fig.: 3. Bibl.: 6.

УДК 621.365.2:681.5

Роман Хрестин

СОСТАВЛЕНИЕ АЛГОРИТМА ДЕЙСТВИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРИВОДОМ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЭЛЕКТРОДОВ ДУГОВОЙ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЙ ПЕЧИ

В работе сформулированы требования к системе управления приводом перемещения электродов дуговой сталеплавильной печи. На основе данных требований к системе управления составлен алгоритм ее действия в рабочих и аварийных режимах плавки.

Ключевые слова: алгоритм управления; параметры плавки; привод перемещения электрода; дуговая сталеплавильная печь.

Рис.: 3. Библ. 6.

Хрестин Роман Миколайович – викладач, Нікопольський технікум Національної металургійної академії України (просп. Трубників, 18, м. Нікополь, 53210, Україна).

Хрестин Роман Николаевич – преподаватель, Никопольский техникум Национальной металлургической академии Украины (просп. Трубников, 18, г. Никополь, 53210, Украина).

Khrestin Roman – lecturer, Nikopol College of National Metallurgical Academy of Ukraine (18 Trubnikov Av., 53210 Nikopol, Ukraine).

E-mail: serebro0@yandex.ua

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0814-6226>

Олег Шаповалов, Євген Рашевський, В'ячеслав Кохан, Геннадій Болотов

СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ У ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТАХ ВІЙСЬКОВОГО ТА ЦИВІЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Вступ. Композиційні матеріали знаходять найбільш ефективне застосування в аерокосмічній техніці. Особливо швидкими темпами вони поширюються в галузі військової авіації. У літакобудуванні для цивільної авіації композити як основний матеріал поширювались значно повільніше, однак останнім часом і тут спостерігається значне прискорення.

Постановка проблеми. Із самого початку літальний апарат потребував для свого створення легких матеріалів. На початковому етапі у ролі таких матеріалів застосовували тканину, оброблену нітроцелюлозою, та фанеру. Суттєвим проривом стало застосування алюмінію, на основі якого почали будувати суцільнометалеві конструкції аеропланів. Друга половина минулого століття супроводжувалась розвитком та інтенсивним поширенням в авіації конструкційних матеріалів із принципово новими властивостями – композиційних матеріалів.

Мета роботи. Метою роботи є аналіз розвитку, сучасного стану та перспектив застосування композиційних матеріалів у літальних апаратах військового та цивільного призначення.

Виклад основного матеріалу. На першому етапі для виготовлення окремих елементів літаків, а також легких експериментальних апаратів застосовувались скловолокнисті пластики. У подальшому із розробкою композитів на основі борних волокон із високими механічними властивостями темпи їх застосування суттєво зросли.

Нині в авіакобудуванні застосовується широке різноманіття типів композиційних матеріалів на основі вуглецевих та борних волокон, арамідних та скловолокон, але найбільш перспективними вважають композити, у яких як зміцнююча арматура застосовуються волокна бору, карбиду бору та вуглецю, які в умовах підвищених температур здатні забезпечувати необхідну жорсткість конструкції при зниженні її маси на 20–40 %.

Завдяки постійному підвищенню експлуатаційних властивостей композиційних матеріалів неперервно зростає обсяги їх застосування в авіаційній техніці. Вже сьогодні у літаках, що проектуються, та перспективних конструкціях передбачається масова доля композитів на рівні 30–50 %, що суттєво впливатиме на вантажопідйомність і дальність польоту літака, витрати палива і загальний ККД.

Висновки. Найбільш перспективними композиційними матеріалами для літакобудування є армовані пластики на основі вуглецевих та борних волокон, а для гелікоптерів – арамідні волокна у суміші зі скловолокном.

Ключові слова: літальні апарати, композиційні матеріали, історія і перспективи застосування.

Рис.: 7. Табл.: 1. Бібл.: 7.

Вступ. Незважаючи на те, що застосування композитів в аерокосмічній техніці займає на сьогодні відносно незначну частку від їх загального обсягу споживання, композиційні матеріали знаходять найбільш ефективне застосування саме в цій галузі.

В аерокосмічній техніці вимоги звичайно вище, ніж у інших галузях застосування. У першу чергу це відноситься до таких важливих характеристик, як мала маса, висока міцність і жорсткість, необхідна стійкість до втомних напружень. Нині саме композити є конструкційними матеріалами з високими експлуатаційними характеристиками, що відповідають вказаним вимогам.

Застосування композиційних матеріалів в авіаційній техніці швидко поширюється [1], особливо в галузі військової авіації, де віддача від витрат найбільша. В літакобудуванні для цивільної авіації композити як основні конструкційні елементи поширювались значно повільніше, однак останнім часом їх застосування суттєво прискорилось. В аерокосмічній техніці, де маса має найбільше значення, композити застосовують як основний матеріал.

Постановка проблеми. Із самого початку літальний апарат потребував застосування легких матеріалів для свого створення. Крила найбільш ранніх літальних апаратів були обтягнені тканиною, обробленою нітроцелюлозою, а для конструкційних деталей застосовували фанеру, проклеєну фенольними смолами. Літак «Вега» фірми «Локхід», розроблений у 1923 р., був першим літальним апаратом, виконаним повністю з фанери із застосуванням процесу формування під тиском окремих деталей. На початку 20-х років фірма «Юнкерс» розробила суцільноалюмінієвий аероплан, однак така суцільнометалева конструкція стала загальноприйнятною не одразу. У роки Другої світової війни фанера ще залишалась основним конструкційним матеріалом для багатьох бойових літаків, зокрема таких, як англійського бомбардувальника «Москітоу», гідролітака фірми «Х'юз»

(США), радянського винищувача ЛАГГ-3. Водночас все ширше почали застосовуватись авіаційні конструкції на основі сталі та алюмінію. У той же час друга половина минулого століття супроводжувалась розвитком й інтенсивним поширенням у авіації конструкційних матеріалів із принципово новими властивостями – композиційних матеріалів.

Мета роботи. Метою роботи є аналіз розвитку, сучасного стану та перспектив застосування композиційних матеріалів у літальних апаратах військового та цивільного призначення.

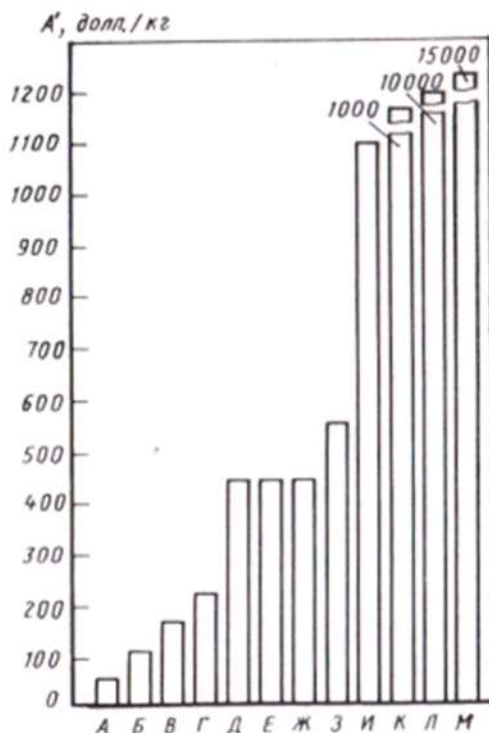
Виклад основного матеріалу. Літальні апарати військового призначення були першими, в яких композити, зокрема скловолокнисті композиційні матеріали (СВКМ) застосовувались у значних обсягах. Ще 24 березня 1944 року був вперше випробуваний літак ВТ-15 (США), у якого хвостова частина фюзеляжу була виконана з пластикових композитів. Однак проблеми надійності, низькі міцність і жорсткість при стисканні цих матеріалів обмежували їх застосування в літальних апаратах військового призначення, хоча вони були успішно застосовані у процесі виготовлення двох легких цивільних літальних апаратів «Пілер Кеб» та «Ігл 1» (рис. 1) фірми «Віндекер» (1969) [2].



Рис. 1. Суцільносклопластиковий літак «Ігл 1» фірми «Віндекер»

Швидке впровадження СВКМ в авіаційну техніку заснувало нову галузь – технологію композитних матеріалів. У 1966 р. із розробкою і впровадженням борних волокон інтерес до композитних конструкцій різко зростає. Нові композиційні матеріали із високими механічними властивостями разом із застосуванням нових комп'ютерних технологій проектування дозволили суттєво знизити запас міцності конструкцій до практично реальних величин, які призводять до оптимальної економії маси і зниження вартості.

Оскільки маса літального апарата оказує прямий вплив на його експлуатаційні показники – дальність польоту, корисне навантаження, витрати палива тощо, тому цю величину слід враховувати вже на початковому етапі розроблення. Ефективність розробок визначається фінансовою економією на кілограм зекономленої маси. Для малих цивільних літальних апаратів, які рідко літають з повним навантаженням або на граничні відстані, ця величина не може бути значною (рис. 2) [3]. Проте цей показник значно збільшується для набагато складніших літальних апаратів, таких як надзвукові транспортні літаки або літаки вертикального зльоту і посадки, у яких відношення корисного вантажу до маси літального апарату є визначальним.



- A*– малі цивільні літаки;
- B*– гелікоптери;
- V*– транспортні літаки;
- G*– цивільні комерційні літаки;
- D*– двигуни літальних апаратів;
- E*– літак «Боїнг-747»;
- Ж*– літак-винищувач;
- З*– літак вертикального або короткого зльоту і посадки;
- И*– надзвуковий транспортний літак;
- К*– супутник із навколоразомною орбітою;
- Л*– супутник зі стаціонарною орбітою;
- М*– космічний корабель «Шаттл»

Рис. 2. Економія маси A' для різних літальних апаратів

Для космічної техніки, де вартість на одиницю маси надзвичайно висока внаслідок значної кількості палива, необхідного для підйому ракети на космічну орбіту, економія вартості завдяки застосуванню композиційних матеріалів є дуже помітною (рис. 2).

У випадках, коли маса має вирішальне значення, слід відзначити, що скловолокнисті композити володіють питомою міцністю, яка у 5-6 разів перевищує питому міцність алюмінію – основного матеріалу, з яким звичайно здійснюють порівняння. У тих випадках, коли необхідна жорсткість, враховують, що епоксидні композити із застосуванням вуглецевого та борного волокон мають у п'ять разів більшу питому жорсткість, ніж алюміній. Найбільшу економію маси при задовільній жорсткості дає застосування гібридних композиційних матеріалів, наприклад, композитів на основі арамідного волокна у поєднанні з вуглецевим або скловолокном [4].

Застосування композиційних матеріалів у військовій та цивільній авіації. Перше широке застосування композиційних матеріалів в авіації було здійснене фірмою «Макдоннел» при виготовленні серії рулів повороту з епоксидно-бороволокнистого матеріалу для літака F-4, встановлених надалі на більшості літальних апаратів, що знаходяться на озброєнні армії США [5]. Першою виготовленою деталлю, розробленою спеціально з композита, був горизонтальний стабілізатор для літака F-14A, який мав трапецієвидну форму розмірами 2,5×2,5 м. Завдяки застосуванню борного волокна було зекономлено 83 кг маси. Такі стабілізатори застосовувались у літаках до 1970 року і ніяких проблем з їх експлуатацією та обслуговуванням не було виявлено. Найбільш широка програма застосування композиційних матеріалів на транспорті включала розробку елементів крила самого великого на той час транспортного літака C-5A «Гелаксі». У цьому випадку відмовились від застосування існуючої конструкції з алюмінію і розробили конструкцію цих елементів повністю з епоксидно-бороволокнистого пластика (рис. 3). Застосована конструкція забезпечила зниження маси на 22 %.

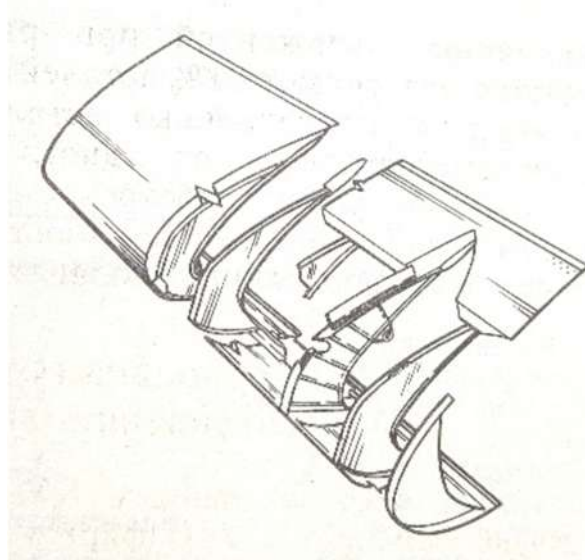


Рис. 3. Конструкція передкрилка з боропластика літака С-5А

Звичайне зниження маси при виробництві сучасних військових літальних апаратів складає 20 %, для перспективних літальних апаратів цивільної авіації – близько 25 %, для перспективних військових літальних апаратів – до 30–35 %. Водночас розробка нових матеріалів і технологій їх виготовлення і застосування призвела до зниження порівняно високої вартості компонентів з композитів для літальних та космічних апаратів, яка нині дорівнює вартості їх металевих аналогів або нижче її.

Успіхи, досягнені при застосуванні композиційних матеріалів у покращених конструкціях літальних апаратів, викликали прискорення розробки та виробництва нових композитів, що мають низьку вартість. Серед армуючих волокон, що отримали розвиток на початку 70-х років, були вуглецеві волокна та різні арамідні волокна типу «Кевлар», що мають високу жорсткість. Широке різноманіття конструкційних матеріалів на основі композитів надало розробникам певну волю для оптимізації конструкцій. Зокрема, якщо в конструкціях крил літальних апаратів на сьогодні застосовують зазвичай вуглецеві волокна і гібридну суміш вуглецевих та борних волокон, то в конструкціях гелікоптерів насамперед застосовують арамідні волокна та гібридну суміш арамідних та скловолокон (табл.).

Таблиця

Приклади розробок деталей гелікоптерів з композитів

Деталь або вузол гелікоптера	Епоксі-графіто-пластик	Епоксіскло-пластик	Епоксіорганопластик (на основі «Кевлара»)
Обтікач передачі, «Белл ІН - 1D»	+	–	–
Лопаті несучого гвинта, «Белл ІН – 1D»	–	+	+
Лопаті несучого гвинта, «Боїнг СН – 47С»	–	+	–
Лопаті хвостового гвинта, «Х'юз ОН – 6А»	–	–	+
Ступиця гвинта, «Сікорські СН – 54В»	–	+	–
Лопаті несучого та хвостового гвинтів, хвостове оперіння, «Сікорські S – 76»	–	–	+

Фірма «Сікорський» нині здійснює виробництво лопатей несучого та рульового гвинтів вертольотів із застосуванням лонжеронів з графітної смоли, оплетеної скловолокном або вуглецевим волокном. Зокрема, такі лопаті застосовуються на вертольотах «UH-60M Black Hawk», для яких наразі розробляється композитна хвостова балка зі

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

стабілізатором. Застосування на розповсюджених військових вертолітах «Boeing AH-64D Апачі Блок III» вуглецево-волокнистих (карбонових) лопатей замість титанових забезпечило зниження їх маси на 30 %.

Як свідчить наведений аналіз, у авіабудуванні застосовується широке різноманіття типів композиційних матеріалів, які передусім розрізняються видом зміцнюючих армуючих волокон. Однак, на думку зарубіжних спеціалістів, з погляду питомої міцності та питомої жорсткості найбільш перспективними є композиційні матеріали, у яких як зміцнююча арматура застосовуються волокна бора, карбіда бора та вуглецю, оскільки в умовах високих температур, що виникають при надзвуковому польоті, ці матеріали здатні забезпечувати необхідну жорсткість конструкції. До таких матеріалів відносять бороепоксидні композити – боропластики, вуглепластики, бороалюміній, які здатні витримувати температури до 453 К і забезпечують зниження маси на 20–40 %.

Ще у 1971 р. першим промисловим застосуванням конструкцій на основі епоксівуглеволоконного пластика був підкрильний обтікач літака F-111. Сьогодні як промислове застосування таких композиційних матеріалів можливо назвати гальмівний щиток літака F-15, обшивку вертикального стабілізатора та горизонтальний стабілізатор літака F-16. Ці вузли забезпечили покращені експлуатаційні показники і довговічність протягом тривалого терміну експлуатації.

Одна з найбільш вражаючих програм застосування композитів була створена за спільною ініціативою ВПС США та фірми «Грумман» у липні 1973 р. Метою цієї програми було виготовлення та випробування горизонтального стабілізатора з композита для стратегічного бомбардувальника B-1 [6]. Результат розробки цієї конструкції показаний на рис. 4. Як випливає з рис. 4, основу конструкції становить саме вуглепластик.

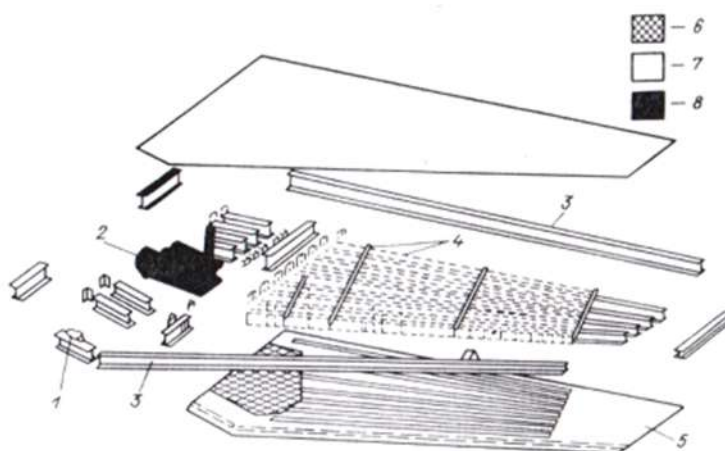


Рис. 5. Виготовлений з композита горизонтальний стабілізатор:

- 1 – вузол кріплення підйомника; 2 – несуча опора; 3 – швелерні лонжерони;
4 – синусоїдальні лонжерони із нервюрами; 5 – нижня панель обшивки; 6 – епоксіборопластик;
7 – вуглепластик типу A/S; 8 – титан

Цей стабілізатор має площу 22,3 м², довжину 9,1 м, із товщиною у основи близько 360 мм. Стабілізатор з композита розробляли таким чином, щоб зменшити кількість деталей при збиранні і тим самим знизити його вартість. Основну обшивку виготовили зі 106 шарів епоксівуглепластика. Стрічки з епоксіборопластика були введені у зовнішній шар для надання конструкції необхідної жорсткості по довжині деталей. Силовий набір стабілізатора складається з епоксівуглепластикових лонжеронів та нервюр. Реальна маса стабілізатора з композита на 227 кг нижче, ніж у аналогічній металевій конструкції. Це забезпечило сумарне зниження маси на 15 %. Сумарне зниження вартості стабілізатора з композиційних матеріалів становить 17,5 % у порівнянні з витратами на металевий стабілізатор.

Масова частка композиційних матеріалів у конструкційних деталях, як показано на рис. 5, неперервно зростає і літальний апарат майбутнього буде не менш, як наполовину складатись із композитів.

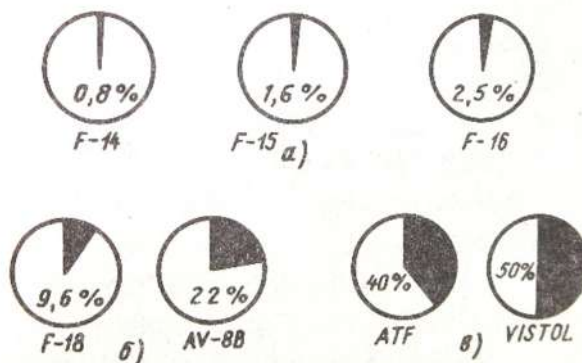
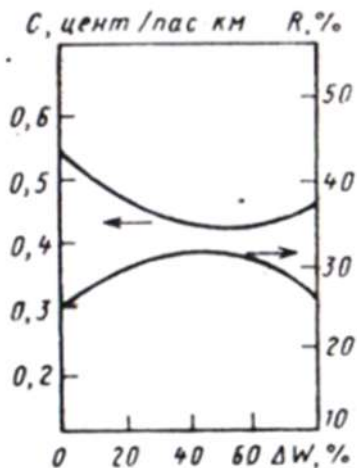


Рис. 5. Тенденція росту масової частки композитів в авіаційних конструкціях

Слід зазначити, що прогноз застосування композитів в авіації, наведений на рис. 6, був зроблений ще на початку 90-х років і нині він повністю підтвердився. Зокрема, проекти перспективних літаків ATF та VISTOL знайшли втілення у сучасних тактичних винищувачах ВПС США F-22 «Raptor» та F-35 «Lightning» відповідно. Слід відзначити, що з усіх композиційних матеріалів, застосованих у літаку F-22, 22 % припадає на вуглепластики.

Застосування композиційних матеріалів дозволило також здійснити суттєву модернізацію бойових літаків, що вже знаходяться у виробництві та експлуатації. Зокрема, розроблена і запущена у виробництво обшивка крил для літака F-18, що виготовляється для ВМС США. У вдосконаленому літаку AV-8B «Харрієр» масова частка композитів становить до 15 % у конструкції цього літака.

Конструкції на основі композиційних матеріалів для цивільної авіації почали застосовувати значно пізніше, ніж для військової. Спочатку дослідження проводили лише на малонавантажених конструкціях. Тривалі випробування показали, що деталі та вузли ефективні за своїм конструктивним рішенням, довговічні, добре обслуговуються та ремонтпридатні. Ці початкові дослідження в усіх випадках показали, що застосування композитів надає суттєві переваги. Результати дослідження взаємозв'язку процентної частки застосування композиту із прибутком на капіталовкладення та прямими витратами наведені на рис. 6, з якого випливає, що найбільш доцільною є об'ємна маса композитів в межах 50–60 % у конструкції літака [3].



C – прямі операційні витрати у центрах на один пасажиро-кілометр; R – прибуток на вкладений капітал; ΔW – частка композитів у масі літака

Рис. 6. Вплив застосування композитів на економічні параметри великого транспортного літака

Нині вміст композитів у конструкціях сучасних пасажирських літальних апаратів становить до 15 %. Зокрема, у серіях літаків фірми «Боїнг» В-757 та В-767 застосовуються епоксидноуглепластикові композити для рулів напрямку, висоти, елеронів та повітряних щитків. Для багатьох інших деталей успішно застосовані епоксіарамідні композити. У нових поколіннях цивільних літаків частка композитів суттєво зростає. Найбільш яскравим прикладом є Боїнг -787 «Dreamliner» (рис. 7). Більша частина деталей цього літака виготовлена з композиційних матеріалів, він має більш високий ККД у порівнянні із попередніми аналогами та більш низькі витрати палива.



Рис. 7. Літак фірми «Боїнг» В-787

У конструкціях російських літаків також широко застосовуються композиційні матеріали. Зокрема, у сучасному магістральному пасажирському лайнері ТУ-204 до 25 % деталей виготовлено з композитів (з них частка углепластиків становить 14 %). Частка застосування композитів у новому магістральному літаку МС-21, який на сьогодні знаходиться у стадії розробки, буде становити 35–37 % [7].

Серед перших сучасних вітчизняних транспортних літаків, що виготовляються із застосуванням композиційних матеріалів, слід відзначити АН-72, випуск якого здійснюється на Харківському авіазаводі.

Висновки.

1. Застосування композиційних матеріалів в авіабудуванні радикально дозволяє підвищити міцність, надійність, безпеку та інші експлуатаційні характеристики повітряних суден з одночасним зниженням їхньої маси та витрат пального.

2. Найбільш перспективними композиційними матеріалами для літакобудування слід вважати армовані пластики на основі вуглецевих та борних волокон, а для гелікоптерів – на основі арамідного волокна та його суміші із вуглецевим або скловолокном.

Список використаних джерел

1. *Application of Composites // Composites*. – 1988. – Vol. 19, № 2. – P. 91.
2. *Lubin G. Handbook of Fiberglass and and Advanced Plastics Composites*, Van Nostrand Reinhold, New York, 1969.
3. *Справочник по композиционным материалам / под ред. Дж. Любина*. – М. : Машиностроение, 1988. – 584 с.
4. *Композиционные материалы: справочник / под ред. В. В. Васильева, Ю. М. Тарнопольского*. – М. : Машиностроение, 1990. – 512 с.
5. *Handcock R.N. The Application of Advanced Composites to Military Aircraft / 10th ICAS Congress, Ottawa, Canada, October 3, 1978*.
6. *Ludwig W., Erdacher H., Lubin G. Composite Horizontal Stabilizer for the B-1. SPI Reinforced Plastics /Composites Institute, 32nd Annual Conference, 1977*.
7. *Солошенко В. Композиты в авиационии. Опыт применения [Електронний ресурс] / В. Солошенко // Линия полета*. – 2013. – № 82. – Режим доступа : <http://www.spblp.ru/ru/magazine/82/183>.

References

1. Application of Composites (1988). *Composites*, Vol. 19, № 2, p. 91.
2. Lubin, G. (1969). *Handbook of Fiberglass and and Advanced Plastics Composites*, Van Nostrand Reinhold, New York.
3. Lyubin, Dzh. (ed.) (1988). *Spravochnik po kompozitsionnym materialam [Reference book on composition materials]*. Moscow: Mashinostroenie (in Russian).
4. Vasilev, V.V., Tarnopolskii, Yu.M. (eds.) (1990). *Kompozitsionnyye materialy: spravochnik [Composition materials. Reference book]*. Moscow: Mashinostroenie (in Russian).
5. Handcock, R.N. (1978). *The Application of Advanced Composites to Military Aircraft*. 10th ICAS Congress, Ottawa, Canada, October 3.
6. Ludwig W., Erdacher H., Lubin G. (1977). *Composite Horizontal Stabilizer for the B-1*. SPI Reinforced Plastics / Composites Institute, 32nd Annual Conference.
7. Soloshenko, V. (2013). *Kompozity v aviastroenii. Opyt primeneniia [Composites in the aircraft industry. Experience of application]*. *Liniia poleta – Flight Line*, № 82. Retrieved from <http://www.spblp.ru/ru/magazine/82/183>.

UDC 629.7.02

Oleg Shapovalov, Eygen Rashevskiy, Vyacheslav Kokhan, Gennadyi Bolotov

CONDITION AND PROSPECTS FOR THE USE OF COMPOSITE MATERIALS IN AIRCRAFT FOR MILITARY AND CIVILIAN USE

Introduction. Composite materials find the most effective application in aerospace engineering. They are spreading particularly rapidly in the field of military aviation. In the aircraft industry for civil aviation, composites as basic materials were much slower, but there has been a significant acceleration in recent years.

Formulation of the problem. From the very beginning, the aircraft required light materials for its creation. At the initial stage, such materials were used for fabric treated with nitrocellulose and plywood. A significant breakthrough was the use of aluminum, on the basis of which they began to build all-metal constructions of airplanes. The second half of the last century was accompanied by the development and intensive distribution in aviation of structural materials with fundamentally new properties - composite materials.

Objective. The purpose of the work is to analyze the development, current state and prospects of application of composite materials in military and civil aircraft.

Statement of the main material. At the first stage, glass-fiber plastics were used to produce individual elements of aircraft, as well as light experimental devices. In the future, with the development of composites based on boron fibers with high mechanical properties, the rate of their application has grown significantly.

At present, a wide variety of types of composite materials based on carbon and boron fibers, aramid and glass fibers is used in aircraft building, but composites that use boron, boron and carbon fibers as reinforcing fittings that can provide the necessary rigidity of the structure with a reduction in its mass by 20-40 %.

Due to the constant increase in the performance properties of composite materials, the volume of their use in aviation equipment is continuously increasing. Already at present, in the projected aircraft and promising designs, the mass fraction of composites is assumed to be at the level of 30-50 %, which significantly affects the cargo carrying capacity and range of the aircraft, fuel consumption and overall efficiency.

Conclusions. The most promising composite materials for aircraft construction are reinforced plastics based on carbon and boron fibers, and for helicopters, aramid fibers in a mixture with glass fiber.

Key words: aircraft; composite materials; history and prospects of application.

Fig.: 7. Tab.: 1. Bibl.: 7.

УДК 629.7.02

Олег Шаповалов, Евгений Рашевский, Вячеслав Кохан, Геннадий Болотов

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТАХ ВОЕННОГО И ГРАЖДАНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Приведена история применения композиционных материалов в авиационной технике, начиная с середины прошлого столетия. Приведены основные типы композитов, которые эффективно используются авиационной отраслью в настоящее время, их массовая доля в современных и перспективных летательных аппаратах.

Ключевые слова: летательные аппараты; композиционные материалы; история и перспективы применения.

Рис.: 7. Табл.: 1. Библи.: 7.

Шаповалов Олег Леонідович – начальник відділу, Державний науково-випробувальний центр Збройних сил України (вул. Стрільська, 1, 14003, м. Чернігів, Україна).

Шаповалов Олег Леонидович – начальник отдела, Государственный научно-испытательный центр Вооруженных сил Украины (ул. Стрелецкая, 1, 14003, г. Чернигов, Украина).

Shapovalov Oleg – Chief of department, State scientifically-proof-of-concept center of Armed forces of Ukraine (1 Shooter Str., 14003 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: ak1149cv@ukr.net

Рашевський Євген Юрійович – начальник відділення, Державний науково-випробувальний центр Збройних сил України (вул. Стрільська, 1, 14003, м. Чернігів, Україна).

Рашевский Евгений Юрьевич – начальник отделения, Государственный научно-испытательный центр Вооруженных сил Украины (ул. Стрелецкая, 1, 14003, г. Чернигов, Украина).

Rashevskiy Eugen – Chief of separation, State scientifically-proof-of-concept center of Armed forces of Ukraine (1 Shooter Str., 14003 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: reyu69@i.ua

Кохан Вячеслав Володимирович – помічник провідного інженера-випробувача, Державний науково-випробувальний центр Збройних сил України (вул. Стрільська, 1, 14003, м. Чернігів, Україна).

Кохан Вячеслав Владимирович – помощник ведущего инженера-испытателя, Государственный научно-испытательный центр Вооруженных сил Украины (ул. Стрелецкая, 1, 14003, г. Чернигов, Украина).

Kokhan Vyacheslav – Assistant Lead Test Engineer, State scientifically-proof-of-concept center of Armed forces of Ukraine (1 Shooter Str., 14003 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: khnvcslv@gmail.com

Болотов Геннадій Павлович – доктор технічних наук, професор кафедри зварювального виробництва та автоматизованого проектування будівельних конструкцій, Чернігівський національний технологічний університет (95, вул. Шевченка, 14027, м. Чернігів, Україна).

Болотов Геннадий Павлович – доктор технических наук, профессор кафедры сварочного производства и автоматизированного проектирования строительных конструкций, Черниговский национальный технологический университет (95, ул. Шевченко, 14027, г. Чернигов, Украина).

Bolotov Gennadyi – Doctor of Technical Sciences, Professor of Department of welding technology and CAD/CAM/CAE systems of building structures, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: bolotovgp@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0305-2917>

РОЗДІЛ IV. ІНФОРМАЦІЙНО-КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 004.272.2:004.75

DOI: 10.25140/2411-5363-2017-3(9)-88-97

Володимир Казимир, Ольга Пріла, Микола Крищенко

ЗАСТОСУВАННЯ ДИНАМІЧНИХ ВІРТУАЛЬНИХ ОБРАЗІВ У ГРІД-СЕРЕДОВИЩІ З ПІДТРИМКОЮ РЕПЛІКАЦІЇ

Актуальність теми дослідження. Нині грід-технології стрімко розвиваються в різних наукових галузях. Технологія віртуалізації дозволяє використовувати ліцензовані програмні забезпечення при обчисленні задач у грід-середовищі. Однак завантаження віртуального образу на віддалений ресурс значно впливає на час виконання грід-задачі. Також не вирішувалось питання налаштування вже сформованого образу віртуальної машини на віддаленому грід-ресурсі. Тому існує потреба в розробці оптимізованого розподіленого сховища для віртуальних образів у грід-середовищі.

Постановка проблеми. Сучасним проміжним програмним забезпеченням грід не вирішується задачі розподіленого збереження та налаштування динамічних віртуальних образів, на яких ґрунтується розгортання потрібного користувачеві оточення для виконання грід-задач.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз літературних джерел показав, що існуючі методи віртуалізації в грід-середовищі передбачають використовувати однотипні віртуальні образи для виконання грід-задач, не враховуючи оптимізації розподіленого сховища для образів віртуальних машин.

Виділення не досліджених частин загальної проблеми. У випадку пересилання образу віртуальної машини для подальшого розгортання на віддаленому ресурсі, час виконання задачі в грід-середовищі значно перевищує час при обчислюванні цієї ж задачі з попередньо встановленим віртуальним образом на грід-ресурсі. На сьогодні не вирішувалось питання оптимізації зберігання динамічних віртуальних образів у грід-середовищі.

Постановка завдання. Метою статті є розробка архітектури розподіленого сховища динамічних віртуальних образів у грід-середовищі з підтримкою механізму реплікації.

Виклад основного матеріалу. Проведено аналіз існуючих технологій використання віртуальних машин у грід-середовищі. Розробляється практична реалізація на базі існуючого фреймворку для розробки грід-додатків із використанням технології віртуалізації. Процес розгортання динамічного віртуального образу на віддалених обчислювальних ресурсах реалізується за допомогою програмної платформи Docker. Такий підхід до формування образів дає гнучкість в управлінні динамічними віртуальними образами і дозволяє з легкістю переносити вже налаштовані образи між обчислювальними ресурсами за допомогою GridFtp протоколу. В статті представлено механізм зберігання, доступу та реплікації динамічних віртуальних образів у грід-середовищі.

Висновки. Авторами розроблено алгоритм виконання грід-задачі з використанням динамічних образів віртуальної машини та архітектуру розподіленого сховища для зберігання динамічних віртуальних образів у грід-середовищі з підтримкою механізму реплікації.

Ключові слова: грід-середовище; віртуалізація; динамічний віртуальний образ; розподілене сховище; реплікація.
Рис.: 2. Табл.: 1. Бібл.: 29.

Постановка проблеми. Нині грід-технології стрімко розвиваються та застосовуються для високопродуктивних обчислень, а також значно поширені в наукових дослідженнях, медицині, економіці та інших галузях, де потрібно швидко, а головне дешевше обчислити великі масиви даних [1]. У грід кожному користувачу надається можливість використовувати певні прикладні програми (ПП) з відповідними налаштуваннями на віддалених ресурсах. Як правило, ці ресурси представлені кластерами, що працюють під управлінням ОС сімейства Linux.

Однак при вирішенні грід-задач часто виникає необхідність їх виконання під операційною системою Windows. Ця проблема традиційно вирішується за допомогою технології віртуалізації, яка дозволяє сформувати образ віртуальної машини (ВМ) з необхідними налаштуваннями. Але існує декілька невирішених задач щодо використання технології віртуалізації в грід-середовищі:

– завантаження віртуального образу (ВО) на віддалений ресурс грід-середовища займає багато часу (в середньому від однієї години і більше) [2], що значно збільшує час виконання грід-задач;

– налаштування раніше сформованого ВО під умови виконання конкретної задачі.

Сучасним проміжним програмним забезпеченням (ППЗ) грід не надається можливість автоматизованого налаштування ВО для виконання окремих задач. У той же

час ця проблема може бути якоюсь мірою вирішена шляхом реалізації в грід механізму реплікації, який з успіхом вже використовується у хмарних технологіях, таких як: Microsoft Azure [3], De Novo [4] та ін. Але реплікацію у хмарних технологіях застосовують тільки для резервного копіювання та синхронізації образів ВМ, не підтримуючи безпосередньо процес обчислень на розгорнутих ВО.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогодні існують деякі рішення щодо використання віртуальних образів у грід-середовищі. Так, у статті [5] пропонується використання ВО, яке можна завантажити на ресурс по грід-мережі. Але цей ВО може бути використаний тільки для однотипних задач без можливості його налаштування під інші програми.

У роботі [6] розглядається варіант попереднього неавтоматичного розгортання ВО на віддаленому грід-ресурсі, і задача може бути запущена тільки на вже підготовленому ВО. Також у цьому прикладі на враховується можливість створення розподілених сховищ ВО, що може значно покращити часові характеристики при виконанні задач грід-середовищі.

У статті [7] вирішується задача розгортання ВМ на віддаленому грід-ресурсі, але не передбачається можливість налаштування сформованого ВО та його реплікації.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Авторами статті було оцінено ефективність технології побудови віртуального оточення для грід-застосувань. Результати експериментів на базі комплексу імітаційних моделей процесу виконання задачі в грід-середовищі з використання технології віртуалізації показали, що тимчасові витрати на розгортання ВО під час запуску задачі не перевищують 5 % у разі наявності заздалегідь визначеного ВО на грід-ресурсу. Однак відношення між часом виконання задачі в грід-середовищі без використання технології віртуалізації і з використанням, але без встановленого ВО на віддалений обчислювальний ресурс значно вище [2]. Але витрати на пересилку ВО можуть бути компенсовані за допомогою розробки розподіленого сховища для зберігання ВО в грід-середовищі.

Мета статті. У статті пропонується архітектура розподіленого сховища динамічних віртуальних образів у грід-середовищі з підтримкою механізму реплікації.

Аналіз існуючих технологій використання ВО в грід-середовищі. Під віртуалізацією розуміється абстракція обчислювальних ресурсів і надання користувачеві системи, яка «інкапсулює» (приховує в собі) власну реалізацію [8]. Ідея використання технології віртуалізації для гнучкого конфігурування потрібного користувачеві оточення при виконанні задач у грід-середовищі не є новою. Найвідомішими проектами з використання віртуалізації в грід-середовищах є RainBow [5], СКІФ-ГРІД [9] та Віртуальний «контейнер» [7].

Комплекс програмних засобів Rainbow («ARC in the Cloud») розроблений у межах проекту Український національний грід (УНГ) [10] для завдань інтерактивного аналізу медичних даних віртуальної організації «Медгрід» [11]. Спрямований на прискорення апаратного забезпечення віртуальних машин на робочих вузлах кластерів і орієнтований на використання ППЗ Nordugrid ARC [12]. Як обробник обчислювального елементу(СЕ, англ. Computing Element), а також сценарій керуючого циклом роботи віртуальної машини використовувався механізм RunTimeEnvironment (RTE) ПЗ Nordugrid ARC.

У таблиці представлено порівняльний аналіз даних прикладів використання віртуальних машин у грід-середовищі за певними критеріями.

Реалізація використовує готові елементи мережевої інфраструктури ОС Linux. Інтерактивний доступ до платформ на базі Windows здійснюється за допомогою протоколу віддаленого підключення до робочого столу RDP [13].

*Порівняльний аналіз існуючих технологій використання
віртуальних машин у грід-середовищі*

Критерії оцінки	Rainbow	СКІФ-ГРІД	Віртуальний «контейнер»
Передача ВО на віддалений ресурс	+	-	+
Зберігання ВО в розподіленому сховищі	+	-	+
Вибір ВО для виконання задачі	-	-	-
Наявність засобів реплікації ВО	-	-	-
Розширюваність	-	-	-

Примітки:

1. "-" означає відсутність реалізації цієї вимоги у розглянутому рішенні;
2. "+" означає наявність реалізації цієї вимоги.

Однак розглянуте рішення орієнтоване на запуск і виконання задач аналізу медичних даних, і передбачає використання однотипного ВО, яке можна завантажити на ресурс по мережі в грід-середовищі. Комплекс програмних засобів Rainbow не враховує можливість розширюваності ВО.

Проміжне програмне забезпечення СКІФ-ГРІД призначене для об'єднання розподілених високопродуктивних обчислювальних ресурсів в єдину грід-мережу, а також для організації доступу користувачів до ВО на віддалених грід-ресурсах.

На відміну від ППЗ, включеного в ЕМІ (англ. European Middleware Initiative) [14] стандарт, компоненти СКІФ-ГРІД реалізують можливість організації віртуальних сервісів.

Компоненти СКІФ-ГРІД:

- skifGrid-srv призначений для віртуалізації серверного обладнання і системного управління ВО, використовуючи реалізацію ППО Ganeti [15];
- skifgrid-crm - менеджер обчислювальних ресурсів (англ. Computing Element, CE) використовує ППЗ QosCosGrid [16];
- брокер CE (skifgrid-crb);
- клієнт консольного доступу до ресурсів (skifgrid-cli);
- моніторинг грід-мережі (skifgrid-mon).

ППЗ СКІФ-ГРІД є вільним програмним забезпеченням, яке дозволяється поширювати і вносити зміни відповідно до умов стандартної громадської ліцензії GNU (GPL) версії 3 [17].

Однак таке програмне рішення не враховує передачу ВО на віддалений грід-ресурс для виконання задачі. СКІФ-ГРІД також не враховує наявність сховища ВО на грід-вузлах.

У Науково-дослідному обчислювальному центрі МГУ ім. М. В. Ломоносова велися розробки з використання віртуальних машин у грід-технологіях при вирішенні задач в обчислювальній хімії. У цій концепції описано використання віртуальних машин (ВМ) у розподілених середовищах. Таким чином, користувачеві розподіленого середовища може бути надане повністю ізольоване віртуальне обчислювальне середовище (віртуальний «контейнер») [7]. За своїми властивостями віртуальний «контейнер» не поступається фізичному серверу. У цьому додатку використовується технологія віртуалізації, що у свою чергу дає незалежність від ОС і оточення. Також враховується повне відділення як конкретної служби або програми від зовнішнього середовища, так і зовнішнього середовища від неї.

Користувач отримує можливість створити образ віртуальної машини з попередньо встановленою ОС і повністю сконфігурованими додатками, націленими на вирішення

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

конкретної задачі. Цей образ потім передається на розподілений ресурс і розгортається там як грід-застосування, не вимагаючи налаштування даного вузла під конкретні задачі. Це істотно полегшує адаптацію ПП для роботи в грід-середовищі [7]. Додатковим плюсом є те, що такі технології загалом дозволяють запускати образи ВМ з операційними системами, відмінними від встановлених на ресурсах.

Однак цей метод розглянуто з урахуванням використання віртуальних машин для вирішення конкретних задач в обчислювальній хімії. Програмний додаток віртуальний «контейнер» вирішує задачу розгортання ВМ на віддаленому грід-ресурсі, але не враховує можливість розширюваності сформованого ВО та його реплікації.

Механізм реплікації та особливості його використання при віртуалізації.

Реплікація – це процес, під яким розуміється копіювання даних з одного ресурсу на інший (або на безліч інших) і навпаки [18]. При реплікації зміни, зроблені в одній копії об'єкта, можуть бути поширені між іншими копіями (репліками). Реплікація може бути синхронною або асинхронною.

При синхронній реплікації, якщо ця репліка оновлюється, всі інші репліки того ж фрагмента даних також повинні бути оновлені в тій самій транзакції. Але синхронна реплікація має недолік, бо вона створює додаткове навантаження при виконанні всіх транзакцій, в яких оновлюються будь-які репліки.

У разі асинхронній реплікації оновлення однієї репліки поширюється на інші через деякий час, а не в тій же транзакції. Таким чином, при асинхронній реплікації вводиться затримка, або час очікування, протягом якого окремі репліки можуть бути фактично неідентичними.

Реплікація широко використовується в системах управління базами даних (СУБД), де забезпечує такі можливості [19]:

- синхронізація даних. Дані розподілені по декількох ресурсів, кожен з яких підтримує актуальну копію інформації. Зміни на одному ресурсі поширюються між іншими ресурсами;
- інтеграція даних. Інформація, що збирається з декількох джерел, комбінується і надходить на множену інших ресурсів;
- консолідація даних. Набори даних на віддалених ресурсах, які відрізняються за контекстом, витягуються й об'єднуються на одному або декількох ресурсах.
- перенесення даних. У цьому випадку інформація переноситься зі старих ресурсів на нові.

Як вже вказувалось, реплікація знаходить широке використання у хмарних обчисленнях. Реалізація реплікації у хмарних технологіях забезпечує захист інформації від втрати у випадку виходу з ладу обладнання на кластері. У хмарі також надається можливість використовувати технологію віртуалізації з підтримкою механізму реплікації [20].

При віртуалізації реплікація надає такі можливості:

- періодично синхронізує копію образу ВМ з базовим, підтримуючи дані в актуальному стані;
- знімає питання падіння продуктивності обчислювальних ресурсів, оскільки репліка є копією віртуальної машини, яку можна запустити в будь-який момент часу;
- якщо базовий образ ВМ з якоїсь причини перестане працювати, надається можливість швидко перемкнутися на репліку і відновити потрібні ПП з мінімальним простоем;
- створення копій образу ВМ на локальний обчислювальний ресурс або на віддалений після аварійного відновлення.

Архітектура розподіленого сховища для зберігання динамічних віртуальних образів у грід-середовищі з підтримкою механізму реплікації. Архітектура, що пропонується, має за мету поєднання переваг застосування реплікації у СУБД та у розподіленому хмарному середовищі для підтримки виконання грід-задач.

Під ДВО розуміється образ віртуальної машини, який дає можливість розширювати необхідні користувачеві конфігурації оточення та встановлювати специфічні ПЗ.

Алгоритм виконання задачі з використанням ДВО в грід-середовищі представлений на рис. 1.

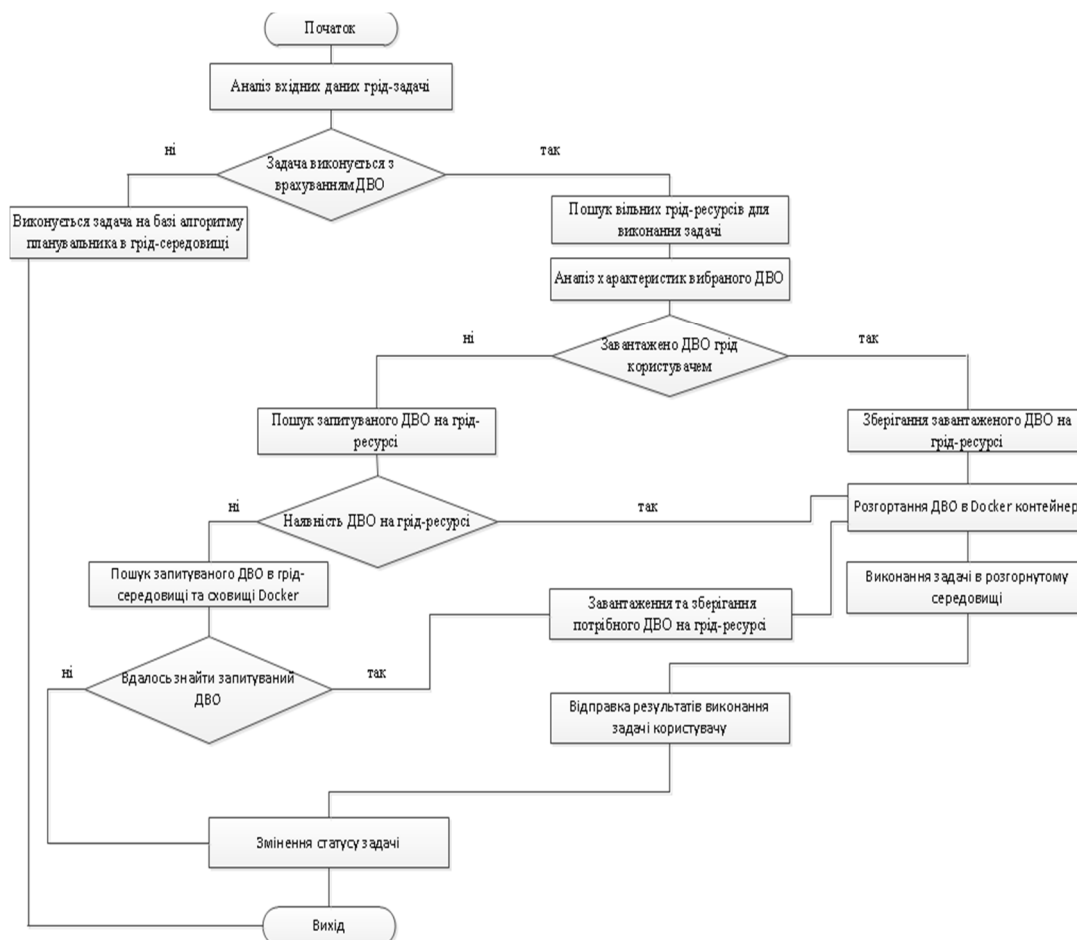


Рис. 1. Алгоритм виконання задачі з використанням ДВО в грід-середовищі

Процес розгортання ДВО на віддалених СЕ реалізується за допомогою програмної платформи Docker. Docker – програмне забезпечення для автоматизації розгортання і управління додатками в середовищі віртуалізації на рівні ОС [21].

Клієнтська сторона фреймворку дозволяє користувачам грід-порталу використовувати різні платформи, включаючи мобільні пристрої. При використанні технології віртуалізації для вирішення грід-задачі прикріплюється ДВО, якщо вибраний образ завантажується вперше, а також Dockerfile [21].

Dockerfile містить набір інструкцій з аргументами для розгортання ДВО. Після відправки задачі на виконання в грід-середовищі, виконуються сервіси Docker, які розгортають ДВО на основі інструкцій в Dockerfile. За допомогою інструкції TAG кожен ДВО ідентифікується унікальним ключем і заноситься в базу даних існуючого фреймворку [22].

Подібно віртуальній машині Docker запускає свої процеси у власній, заздалегідь налаштованій ОС. Але при цьому всі процеси Docker працюють на фізичному грід-сервері, ділячи всі процесори і всю доступну пам'ять з усіма іншими процесами. Підхід, використовуваний Docker знаходиться посередині між запуском всього на фізичному сервері і повної віртуалізації, пропонованої віртуальними машинами. Цей підхід називається контейнеризацією.

Під час виконання грід-задачі, на основі вибраного ДВО, у docker контейнері створюється віддалена ОС з потрібними для користувачеві налаштуваннями та застосуваннями. Самі ж результати виконання задачі будуть автоматично завантажено на

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

клієнтську частину користувача. Розширенням можливостей у вже встановленому ДВО на віддаленому грід-ресурсу займається розробник грід-сервісів. Розробник має RDP доступ до віддаленої ОС для створення нових або редагування вже існуючих грід-сервісів. Під грід-сервісами розуміється сценарій автоматизованого виконання задачі всередині ОС Docker контейнера.

На рис. 2 представлена архітектура розподіленого сховища для зберігання динамічних віртуальних образів в грід-середовищі з підтримкою механізму реплікації.

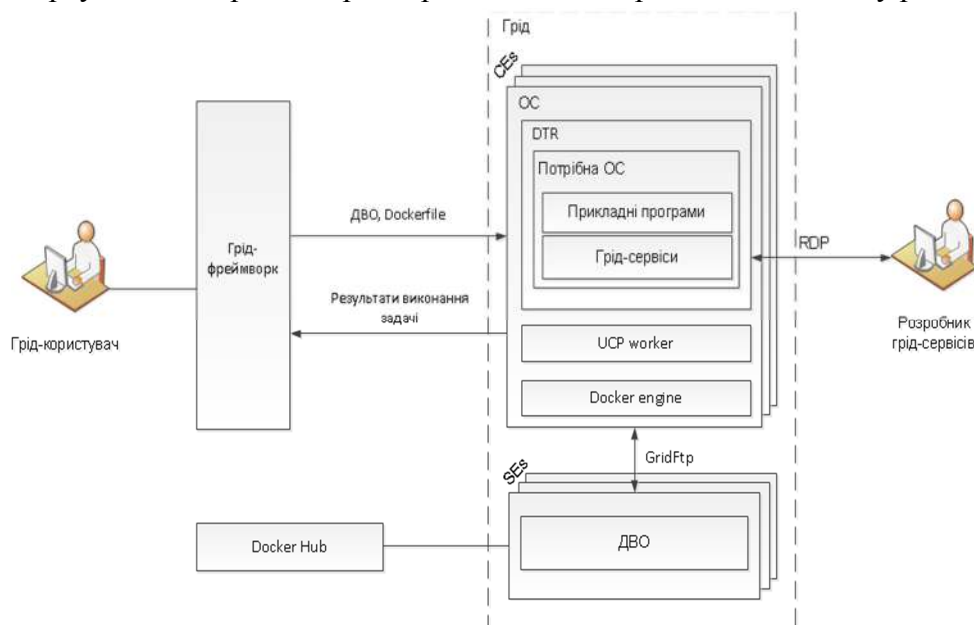


Рис. 2. Архітектура розподіленого сховища для зберігання динамічних віртуальних образів у грід-середовищі з підтримкою механізму реплікації

Docker Trusted Registry (DTR) – це контейнерні додатки, що запускаються на кластері Docker Universal Control Plane (UCP). За замовчуванням DTR зберігає ДВО на файловій системі SE (англ. Storage Element) грід-вузла. DTR також дає можливість використання централізованого резервного копіювання (реплікації) ДВО. DTR підтримує наступні технології для зберігання резервної копії ДВО: NFS [23], Amazon S3 [24], Cleversafe [25], Google Cloud Storage [26], OpenStack Swift [27] та Microsoft Azure.

Платформа Docker дає можливість використовувати власне сховище зареєстрованих ДВО. Таке сховище називається Docker hub.

ДВО складається з декількох образів файлової системи. Наприклад, перший образ може містити тільки базову установку ОС, другий додає до неї набір стандартних демонів, третій – утиліти адміністрування і так далі. Docker монтує всі шари в режимі «тільки читання», але так, щоб розробник грід-сервісів мав можливість змінювати вміст ДВО.

За замовчуванням після завершення DTR (яке відбувається після завершення останнього працюючого в ньому процесу) останній шар стирається і всі зміни пропадають. Однак, використовуючи команду `docker commit`, розробник грід-сервісів може «зафіксувати» зміни, створивши новий ДВО на основі вже існуючих образів.

Такий підхід до формування образів дає гнучкість в управлінні ДВО і дозволяє з легкістю переносити вже сконфігуровані ДВО між машинами за допомогою GridFtp [28] (образ можна викласти на Docker Hub і потім розгорнути на іншому грід-вузлі). Також Docker дозволяє економити дисковий простір, у випадку розгортання на грід-вузлі декількох ДВО. Кожен ДВО буде спочатку заснований на одному базовому образі. Отже, ДВО будуть посилатися на цей базовий образ і не будуть дублювати його вміст.

Запропонована технологія [29] передбачає високорівневий інтерфейс для грід-користувачів. Що дасть можливість задавати необхідні налаштування для віртуального середовища, в якому будуть виконуватись грід-задачі.

Практична реалізація запропонованої архітектури розподіленого сховища з підтримкою механізму реплікації здійснена на базі існуючого фреймворку для розробки грід-застосунків [22] з використанням технології побудови віртуального оточення [29].

Висновки. Проведено порівняльний аналіз технологій використання віртуалізації в грід-середовищах. Розроблено алгоритм виконання задачі з використанням динамічних віртуальних образів у грід-середовищі.

У статті запропоновано архітектуру розподіленого сховища для зберігання динамічних віртуальних образів у грід-середовищі з використанням Docker інструментів. Запропонована архітектура дозволяє реалізувати механізм реплікації динамічних віртуальних образів та використовувати їх як базу для інших образів, що економить час на завантаження та пам'ять на грід-ресурсі. Такий підхід значно зменшує час виконання задачі в грід-середовищі з використанням технології віртуалізації.

Подальші дослідження будуть спрямовані на розробку алгоритму планування виконання грід-задачі з урахуванням використання засобів віртуалізації, а також проведення експериментів в реальному грід-середовищі для визначення ефективності використання технології побудови віртуального оточення для грід-застосунків.

Список використаних джерел

1. *Grid* як четвертий етап розвитку інформатизації [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://grid.kpi.ua/index.php/uk/what-is-grid/2-grid-yak-chetvertii-etap-rozvitku-nformatizac-.html>.
2. *Building of the virtual environment for grid applications* / V. Kazymyr, D. Melnychenko, O. Prila, M. Kryshchenko // *Information Models and Analyses*. – 2016. – Vol. 5, № 1. – С. 37–48.
3. *Microsoft Azure* [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://docs.microsoft.com/en-us/azure>.
4. *De Novo* [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.de-novo.biz/uk/oblachnye-servisy>.
5. *Сальников А. А.* «Платформа как сервис» в грід для інтерактивного аналізу медичинських даних / А. А. Сальников, В. В. Вишневіський, А. Ф. Борецький // *Математичні машини і системи*. – 2015. – № 1. – С. 53–64. – Режим доступу : http://www.immsp.kiev.ua/publications/articles/2015/2015_1/01_2015_Salnikov.pdf.
6. *Московський А. А.* Віртуальні інструменти для грід-виправлень / А. А. Московський, А. Ю. Первін, В. Walker // *Труди Другої Міжнародної наукової конференції «Суперкомп'ютерні системи і їх застосування (SSA'2008)2*. – 2008. – С. 185–188.
7. *Virtual computing environments: the use of polygons on the grid* / V. Volohov, D. Varlamov, N. Surkov [et al.] // *Herald of South Ural State University. Series: Mathematical modeling and programming*. – 2009. – № 17. – С. 24–35.
8. *Богданов А. В.* Віртуалізація: нові можливості відомої технології / А. В. Богданов, Е. Н. Станкова, В. В. Марєєв // *Всеросійський конкурсний відбір оглядово-аналітичних статей по пріоритетному напрямку «Інформаційно-телекомунікаційні системи»*. – 2008. – 31 с. – Режим доступу : <http://window.edu.ru/resource/802/58802/files/68359e2-st15.pdf>.
9. *SkifGrid* wiki [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://grid.basnet.by/projects/skifgrid/wiki>.
10. *Український національний грід* [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://ung.in.ua/upload/user_files/BCC_Policy/ung_fin.pdf.
11. *Vishnevsky V.* Web-services of Medgrid project / V. Vishnevsky, M. Volzheva, O. Prila // *Ukrainian Journal of Telemedicine and medical telematics*. – 2012. – Vol. 10, № 2. – С. 4–5.
12. *NorduGrid ARC* [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.nordugrid.org/manuals.html>.
13. *Remote Desktop Protocol* [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://uk.wikipedia.org/wiki/Remote_Desktop_Protocol.
14. *European Middleware Initiative* [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://www.dcache.org/manuals/EMI_FACT-SHEET-1_4.pdf.
15. *Ganeti* [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <http://www.ganeti.org>.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

16. *QCG - Quality in Cloud and Grid* [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.qoscosgrid.org/trac/qcg>.
17. *Загальна громадська ліцензія GNU* [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.gnu.org/licenses/gpl-3.0.html>.
18. *Репликація* (вычислительная техника) [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F_\(%D0%B2%D1%8B%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F_(%D0%B2%D1%8B%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0)).
19. *Репликация баз данных* [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://www.sybase.ru/system/files/pdf/sybase_rs_db_replication_wp_ru_2.pdf.
20. *Сравнение решений для backup виртуальных машин от VMware, Veeam, Acronis и Symantec* [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <http://www.issystems.kz/article/4/sravnenie-reshenii-dlya-backup-virtualnykh-mashin-ot-vmware-veeam-acronis-i-symantec>.
21. *Docker Overview* [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://docs.docker.com/engine/understanding-docker>.
22. *Prila O. The framework for high level grid applications development / O. Prila // Problems of programming. – 2014. – № 1. – С. 31–39.*
23. *Network File System (NFS)* [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://searchenterprisedesktop.techtarget.com/definition/Network-File-System>.
24. *Amazon S3* [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://aws.amazon.com/ru/s3/?sc_channel=PS&sc_campaign=acquisition_UA&sc_publisher=google&sc_medium=s3_b&sc_content=s3_e&sc_detail=amazon%20s3&sc_category=s3&sc_segment=192085788688&sc_matchtype=e&sc_country=UA&sc_kwid=AL!4422!3!192085788688!e!!g!!amazon%20s3&ef_id=WcAQHgAABFtWoE1D:20170925083959:s.
25. *IBM Cloud Object Storage* [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.ibm.com/cloud-computing/products/storage/object-storage>.
26. *Google Cloud Storage* [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://cloud.google.com/storage>.
27. *OpenStack Object Storage ("Swift")* [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://wiki.openstack.org/wiki/Swift>.
28. *GT 6.0 GridFTP* [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://toolkit.globus.org/toolkit/docs/latest-stable/gridftp>.
29. *Казимир В. В. Архітектура побудови віртуального оточення для ґрід-застосувань / Казимир В. В., Пріла О. А., Крищенко М. С. // Математичні машини і системи. – 2017. – № 3. – С. 65–73.*

References

1. *Grid iak chetvertii etap rozvitku informatizats [Grid as the fourth stage of development of Informatization]*. Retrieved <http://grid.kpi.ua/index.php/uk/what-is-grid/2-grid-yak-chetvertii-etap-rozvitku-nformatizac-.html>.
2. Kazymyr V., Melnychenko D., Prila O., Kryshchenko M. (2016). Building of the virtual environment for grid applications. *Information Models and Analyses*, vol. 5, no. 1, pp. 37–48.
3. *Microsoft Azure*. Retrieved from <https://docs.microsoft.com/en-us/azure>.
4. *De Novo*. Retrieved from <https://www.de-novo.biz/uk/oblacloudnye-servisy>.
5. Salnikov, A., Vishnevskii, V., Boretskii, A. (2015). Platforma kak servis v grid dlia interaktivnogo analiza meditsinskikh dannykh [Platform as a service" in the grid for interactive analysis of medical data]. *Mathematical machines and systems*, no. 1, pp. 53–64. Retrieved from http://www.immsp.kiev.ua/publications/articles/2015/2015_1/01_2015_Salnikov.pdf.
6. Moskovskii A. Pervin A. Walker B. (2008) Virtualnye instrumenty dlia grid-vychislenii [Virtual tools for grid computing]. Proceedings of the *Second International Scientific Conference "Supercomputer systems and their application (SSA'2008)"*, pp. 185–188.
7. Volohov, V., Varlamov, D., Surkov, N. (2009). Virtualnye vychislitelnye sredy ispolzovaniia na grid poligonakh [Virtual computing environments: utilization on the grid polygons]. *Herald of South Ural State University Series: Mathematical modeling and programming*, no. 17, pp. 24–35 (in Russian).
8. Bogdanov, A., Stankova, E., Mareev, V. (2008). Virtualizatsiia novye vozmozhnosti izvestnoi tekhnologii [Virtualization: new possibilities of the known technology]. *All-Russian competitive*

selection of review-analytical articles on the priority direction "Information and telecommunication systems", p. 31. Retrieved from <http://window.edu.ru/resource/802/58802/files/68359e2-st15.pdf>.

9. *SkifGrid wiki*. Retrieved from <http://grid.basnet.by/projects/skifgrid/wiki>.

10. *Ukrainskii natsionalnii grid [Ukrainian national grid]*. Retrieved from http://ung.in.ua/upload/user_files/BCC_Policy/ung_fin.pdf.

11. Vishnevsky, V., Volzheva, M., Prila, O. (2012). Web-services of Medgrid project [Web-services of Medgrid project]. *Ukrainian Journal of Telemedicine and medical telematics*, vol. 10, no. 2, pp. 4–5.

12. *NorduGrid ARC*. Retrieved from <http://www.nordugrid.org/manuals.html>.

13. *Remote Desktop Protocol*. Retrieved from https://uk.wikipedia.org/wiki/Remote_Desktop_Protocol.

14. *European Middleware Initiative*. Retrieved from https://www.dcache.org/manuals/EMI_FACT-SHEET-1_4.pdf.

15. *Ganeti*. Retrieved from <http://www.ganeti.org/>.

16. *QCG – Quality in Cloud and Grid [Quality in Cloud and Grid]*. Retrieved from <http://www.qoscosgrid.org/trac/qcg>.

17. *Zagalna gromadska licenziia GNU [General public license GNU]*. Retrieved from <http://www.gnu.org/licenses/gpl-3.0.html>.

18. *Replikatsiia (vychislitelnaia tekhnika) [Replication (computer technology)]*. Retrieved from [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F_\(%D0%B2%D1%8B%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F_(%D0%B2%D1%8B%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0)).

19. *Replikatsiia baz dannykh [Database replication]*. Retrieved from https://www.sybase.ru/system/files/pdf/sybase_rs_db_replication_wp_ru_2.pdf.

20. *Sravnienie reshenii dlia backup virtualnykh mashin ot VMware, Veeam, Acronis i Symantec [Comparison of solutions for backup virtual machines from VMware, Veeam, Acronis and Symantec]*. Retrieved from <http://www.issystems.kz/article/4/sravnienie-reshenii-dlya-backup-virtualnykh-mashin-ot-vmware-veeam-acronis-i-symantec>.

21. *Docker Overview*. Retrieved from <https://docs.docker.com/engine/understanding-docker>.

22. Prila, O. (2014). The framework for high level grid applications development. *Problems of programming*, no. 1, pp. 31–39.

23. *Network File System (NFS)*. Retrieved from <http://searchenterprisedesktop.techtarget.com/definition/Network-File-System>.

24. *Amazon S3*. Retrieved from https://aws.amazon.com/ru/s3/?sc_channel=PS&sc_campaign=acquisition_UA&sc_publisher=google&sc_medium=s3_b&sc_content=s3_e&sc_detail=amazon%20s3&sc_category=s3&sc_segment=192085788688&sc_matchtype=e&sc_country=UA&sc_kwcid=AL!4422!3!192085788688!e!g!amazon%20s3&ef_id=WcAQHgAABFtWoE1D:20170925083959:s.

25. *IBM Cloud Object Storage*. Retrieved from <https://www.ibm.com/cloud-computing/products/storage/object-storage>.

26. *Google Cloud Storage*. Retrieved from <https://cloud.google.com/storage>.

27. *OpenStack Object Storage ("Swift")*. Retrieved from <https://wiki.openstack.org/wiki/Swift>.

28. *GT 6.0 GridFTP*. Retrieved from <http://toolkit.globus.org/toolkit/docs/latest-stable/gridftp>.

29. Kazymyr, V., Prila, O., Kryshchenko, M. (2017). Arkhitektura pobudovi virtualnogo otochennia dlia grid-zastosuvan [The architecture of virtual environment for grid applications]. *Mathematical machines and systems*, no. 3, pp. 65–73.

UDC 004.272.2:004.75

Volodymyr Kazymyr, Olga Prila, Mykola Kryshchenko

THE USE OF DYNAMIC VIRTUAL IMAGES IN A GRID ENVIRONMENT WITH REPLICATION SUPPORT

Urgency of the research. Currently grid technologies are rapidly evolving in different scientific fields. Virtualization technology allows you to use the licensed software for computing tasks in a grid environment. However, the download of the virtual image on the remote resource significantly increases the execution time of grid tasks. Also, the issue of configuration the generated image of a virtual machine on a remote grid resource was not solved. There is therefore a need to develop optimized distributed storage for virtual images in a grid environment.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Target setting. Modern middleware grid does not solve the problem of distributed storage and configuration of dynamic virtual images, based on the deployment of the necessary environment user to perform grid tasks.

Actual scientific researches and issues analysis. The analysis of literary sources showed that existing methods of virtualization, grid environments involve the use of similar virtual images to perform a grid task, without considering the optimization of the distributed storage of virtual machine images.

Uninvestigated parts of general matters defining. Transfer the virtual image to a grid resource is time-consuming. This time considerably exceeds the time of task execution on grid resource, which has a pre-installed virtual image. To date, the issue of optimizing the storage of dynamic virtual images in the grid environment has not been resolved.

The research objective. The purpose of this paper is to develop architecture of distributed storage for dynamic virtual images in a grid environment with support for replication.

The statement of basic materials. The technology implementation is done on the basis of the existing framework for grid applications development. The mechanism for realizing the deployment of a virtual image on remote computing resources is implemented on software Docker platform. This approach to the formation of images gives the flexibility to manage dynamic virtual images and allows you to easily transfer already configured images between computing resources by using GridFtp Protocol. The article presents a mechanism for storing, accessing and replicating dynamic virtual images in a grid environment.

Conclusions. The authors research the existing technologies for building a virtual environment for computing tasks on the remote resource of the distributed environment. The architecture of distributed storage for storing virtual images in a grid environment with support for replication was designed.

Key words: grid environment; virtualization; virtual image; distributed storage; replication.

Fig.: 2. Tabl.: 1. Bibl.: 29.

УДК 004.272.2:004.75

Владимир Казимир, Ольга Преляя, Николай Крищенко

ПРИМЕНЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ВИРТУАЛЬНЫХ ОБРАЗОВ В ГРИД-СРЕДЕ С ПОДДЕРЖКОЙ РЕПЛИКАЦИИ

На данный момент грид-технологии стремительно развиваются в различных научных областях. Технология виртуализации позволяет использовать лицензированные программные обеспечения при вычислении задач в грид-среде. Однако загрузка виртуального образа на удаленный ресурс значительно влияет на время выполнения грид-задачи. Современным промежуточным программным обеспечением грид не решается задачи распределенного хранения и настройки динамических виртуальных образов, на которых основывается развертывания требуемого окружения для выполнения грид-задач. Процесс развертывания динамического виртуального образа на удаленных вычислительных ресурсах реализуется с помощью программной платформы Docker. В статье представлен механизм хранения, доступа и репликации динамических виртуальных образов в грид-среде. Авторами разработано алгоритм выполнения грид-задачи с использованием динамических образов виртуальных машин и архитектуру распределенного хранилища для хранения динамических виртуальных образов в грид-среде с поддержкой механизма репликации.

Ключевые слова: грид-среда; виртуализация; динамический виртуальный образ; распределенное хранилище; репликация.

Рис.: 2. Табл.: 1. Библ.: 29.

Казимир Володимир Вікторович – доктор технічних наук, професор, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

Казимир Владимир Викторович – доктор технических наук, профессор, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

Kazymyr Volodymyr – Doctor of Technical Sciences, Professor, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenko Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: vvkazymyr@gmail.com

ORCID: 0000-0001-8163-1119

Пріла Ольга Анатоліївна – кандидат технічних наук, доцент кафедри інформаційних та комп'ютерних систем, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

Преляя Ольга Анатольевна – кандидат технических наук, доцент кафедры информационных та компьютерных систем, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

Prila Olga – PhD in Technical Sciences, Associate Professor of Department of Information and Computer Systems, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenko Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: olga.prila1986@gmail.com

ORCID: 0000-0002-0884-6516

Крищенко Микола Сергійович – асистент кафедри інформаційних та комп'ютерних систем, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

Крищенко Николай Сергеевич – ассистент кафедры информационных та компьютерных систем, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

Mykola Kryshchenko – assistant of lecturer of Department of Information and Computer Systems, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenko Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: mykola3451@gmail.com

ORCID: 0000-0003-4783-9260

УДК 001.891.3:004.825:004.891(045)

DOI: 10.25140/2411-5363-2017-3(9)-98-106

Олег Заріцький

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ АНАЛІТИЧНОЇ ОЦІНКИ ПРОФЕСІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ. ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ІНТЕГРАЦІЇ З СИСТЕМАМИ УПРАВЛІННЯ РЕСУРСАМИ ПІДПРИЄМСТВА

Постановка проблеми. Слід зазначити, що розгляд інформаційної технології аналітичної оцінки професійної діяльності потребує детального окремого вивчення у зв'язку з відсутністю стандартизованих підходів щодо розробки архітектур відповідних інформаційних систем та структур баз даних у межах зазначених технологій. Проблемою є також питання інтеграції зазначеної технології з інформаційними системами підприємства, які оперують із даними, необхідними для коректної роботи інформаційної технології аналітичної оцінки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Всі рішення щодо практичної реалізації інформаційних технологій аналітичної оцінки професійної діяльності, висвітлені в наукових дослідженнях та роботах, розглядають інформаційні технології з погляду методів обробки та представлення даних, залишаючи не розглянутими питання архітектури, безпеки та інтеграції систем, очевидно через їх локальну розробку та автономну роботу.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Таким чином, розглянуті роботи та дослідження не розглядають питання стандартизації архітектур інформаційних технологій аналітичної оцінки професійної діяльності та файлів обміну з існуючими системами управління ресурсами підприємства, що дозволило б суттєво знизити вартість розробки таких систем та підвищити ефективність використання існуючих програмних комплексів.

Мета статті. Метою статті є висвітлення результатів досліджень щодо стандартизації архітектури та структури модулів інформаційної технології аналітичної оцінки професійної діяльності, а також стандартів обміну даними з існуючими системами управління ресурсами підприємства.

Виклад основного матеріалу. Інформаційна технологія аналітичної оцінки професійної діяльності поєднує в собі елементи робочого середовища, представлені системами контролю доступу, як правило, інтегровані з інформаційними системами обліку робочого часу, які, у свою чергу, представлені окремими програмними та апаратними рішеннями, або інтегровані з системами управління ресурсами підприємства. Обмін даними між інформаційними системами може здійснюватися за декількома схемами обміну. Для інформаційних технологій аналітичної оцінки професійної діяльності реалізовано схему регулярного періодичного обміну. Такий варіант обміну передбачає наявність XML-репозитарію в кожній з систем, які беруть участь у обміні.

Висновки і пропозиції. Узагальнена схема взаємодії модулів ERP систем, інформаційних систем обліку робочого часу та аналітичної оцінки професійної діяльності передбачає використання розроблених схем документів обміну та структур БД зазначених програмних продуктів. Дані з зазначених систем передаються до модуля аналізу та модуля розрахунків за допомогою схем завантаження та вивантаження інформації з власних сховищ (1-й шар метаданих БД) за допомогою XML файлів. Зі схемами завантаження/вивантаження працюють універсальні Java-додатки DBImport та DBExport, доступ до яких може здійснюватися через веб-інтерфейс. Сценарії завантаження/вивантаження зберігаються в зазначених репозитаріях у форматі алгоритмів та схем обміну на фізичному рівні БД та відповідних полів файлів обміну у форматі XML.

Ключові слова: аналіз роботи; оцінка професійної діяльності; інформаційна технологія; інформаційна система; документ обміну даним; XML.

Рис.: 3. Бібл.:19.

Постановка проблеми. Інформаційні технології знайшли широке розповсюдження в кожній галузі промислового виробництва. У зв'язку з цим використовують як загальне поняття «інформаційні технології», так і локальні підходи у визначенні його змісту. У роботі використовується найбільш розповсюджене поняття «інформаційні технології» (ІТ), «інформаційно-комунікаційні технології» (Information and Communication Technologies, ICT) – сукупність методів, виробничих процесів і програмно-технічних засобів, інтегрованих з метою збирання, опрацювання, зберігання, розповсюдження, показу і використання інформації в інтересах її користувачів [1; 2].

Інформаційні технології забезпечують та підтримують інформаційні процеси, тобто процеси пошуку, збору, передачі, збереження, накопичення, тиражування інформації та процедури доступу до неї. Виділяють також декілька функціональних напрямків розвитку інформаційних технологій [3]:

- Інформаційна технологія опрацювання даних.
- Інформаційна технологія керування.
- Інформаційна технологія підтримки прийняття рішень.
- Інформаційна технологія експертних систем.

— Інструментарій інформаційної технології – один або декілька взаємопов'язаних програмних продуктів для певного комп'ютера, технологія роботи, за допомогою яких користувач досягає поставленої мети.

Виходячи з наведеного визначення інформаційної технології, **аналітична оцінка професійної діяльності** як інформаційна технологія може розглядатися з погляду поєднання технології опрацювання даних та експертних систем, яка являє собою сукупність методів, виробничих процесів і програмно-технічних засобів, інтегрованих з метою збирання, опрацювання, зберігання, розповсюдження, показу і використання інформації щодо класифікації та аналітичної оцінки професійної діяльності людини з метою прийняття рішень [4; 5].

Слід відмітити, що розгляд інформаційної технології аналітичної оцінки професійної діяльності потребує детального окремого вивчення у зв'язку з відсутністю стандартизованих підходів щодо розробки архітектур відповідних інформаційних систем та структур баз даних у межах зазначених технологій. Проблемою є також питання інтеграції зазначеної технології з інформаційними системами підприємства, які оперують із даними, необхідними для коректної роботи інформаційної технології аналітичної оцінки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У роботі [6] архітектура інформаційної технології аналізу складності робіт розглядалася з погляду загальних принципів побудови інформаційних систем, представленими трьома рівнями: презентативний рівень, рівень внутрішньої логіки та рівень баз даних, побудованих за клієнт-серверним підходом. У роботі не розглядалися конкретні питання інтеграції з існуючими інформаційними системами управління ресурсами підприємства та державними класифікаторами. По суті, усі рішення щодо практичної реалізації інформаційних технологій аналітичної оцінки складності робіт (професійної діяльності), висвітлені в роботах [7–10], розглядають інформаційні технології з погляду методів обробки та представлення даних, залишаючи не розглянутими питання архітектури, безпеки та інтеграції систем, очевидно через їх локальну розробку та автономну роботу.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Таким чином, розглянуті роботи та дослідження не розглядають питання стандартизації архітектур інформаційних технологій аналітичної оцінки професійної діяльності та файлів обміну з існуючими системами управління ресурсами підприємства, що дозволить суттєво знизити вартість розробки таких систем та підвищити ефективність використання існуючих програмних комплексів.

Мета статті. Метою статті є висвітлення результатів досліджень щодо стандартизації архітектури та структури модулів інформаційної технології аналітичної оцінки професійної діяльності, а також стандартів обміну даними з існуючими системами управління ресурсами підприємства.

Виклад основного матеріалу. Сукупність методів інформаційної технології аналітичної оцінки професійної діяльності представлена методами збору (опитувальні листи, автоматизовані робочі місця експертів тощо) та обробки даних (статистичні методи математичної статистики, парного порівняння тощо), методами моделювання (структурне, математичне, імітаційне тощо) та методами аналізу отриманих даних (параметричні, непараметричні методи, методи оцінки складності робіт тощо).

Виробничі процеси розглядаються, з одного боку, як джерело даних щодо часу виконання певних операцій, задач, а з іншого – як безпосередньо складова інформаційної технології у частині роботи з даними.

Програмно-технічні засоби є платформою для автоматизації методів та процесів роботи з даними, які можуть досягати значних обсягів, та представлені у широкому сенсі інформаційними системами.

За ДСТУ 2392-94: Інформаційна система – комунікаційна система, що забезпечує збирання, пошук, оброблення та пересилання інформації [11]. Таке визначення може бути задовільним тільки з огляду на найбільш узагальнену і неформальну думку і підлягає подальшому уточненню.

Інформаційна система (англ. Information system) – сукупність організаційних і технічних засобів для збереження та обробки інформації з метою забезпечення інформаційних потреб користувачів. Інформаційні системи включають у себе: технічні засоби обробки даних, програмне забезпечення і відповідний персонал. Чотири складові частини утворюють внутрішню інформаційну основу.

Технічні засоби (ТЗ) – засоби фіксації і збору інформації; засоби передачі відповідних даних та повідомлень. Програмні засоби (ПЗ) – програмне та алгоритмічне забезпечення, засоби аналізу, обробки і представлення інформації. Інформаційні засоби (ІЗ) – засоби збереження інформації, сховища даних тощо. Організаційні засоби (ОЗ) – методи використання ТЗ, ПЗ, ІЗ, методична складова [12; 13].

З урахуванням результатів досліджень функціональних структур сучасних інформаційних систем управління персоналом [14], методів та інструментальних засобів оцінки складності робіт [15; 16], перспектив розвитку зазначених систем [17] та теоретичних підходів щодо формалізації завдань оцінювання професійної діяльності за допомогою експертних систем [18; 19], на рис. 1 представлена структурна схема інформаційної технології аналітичної оцінки професійної діяльності.

Інформаційна технологія аналітичної оцінки професійної діяльності поєднує в собі елементи робочого середовища, представлені системами контролю доступу, як правило, інтегровані в ІС обліку робочого часу, які, у свою чергу, представлені окремими програмними та апаратними рішеннями, або інтегровані з системами управління ресурсами підприємства. Системи контролю доступу дозволяють отримати дані щодо робочого часу конкретного співробітника, витраченого на здійснення професійної діяльності.

Існуючі системи управління ресурсами включають бази даних кваліфікаційних вимог співробітників та технологічних операцій, що дозволяє створити переліки базових операцій (задач) та зберігати їх в інформаційній системі.

Вирішення задачі інтеграції інформаційних систем із зазначеними базами даних та іншими джерелами інформації здійснюється шляхом формалізації та розробки таких документів та принципів:

1. Розробка формату документа обміну з використанням однієї з мов розмітки документів:

— стандартної мови узагальненої розмітки – SGML, Standard Generalized Markup Language.

— Гіпертекстової мови розмітки – HTML, Hypertext Markup Language.

— Розширеної мови розмітки – XML, Extensive Markup Language.

2. Розробка специфікацій на різні шари метаданих, які будуть описувати дані кожної системи, яка бере участь в інформаційному обміні.

3. Розробка сценаріїв інформаційного обміну, які будуть включати множину XML – схем для забезпечення, з одного боку, можливості роботи з файлами в єдиному універсальному форматі стандартними XML-інструментами, а з іншого боку, спрощувати програми для імпорту/експорту структурованих даних у XML-форматі.

Як формат документу обміну в роботі запропоновано використовувати мову розмітки документа – XML, розширену мову розмітки, як одну з найбільш стандартизованих мов.

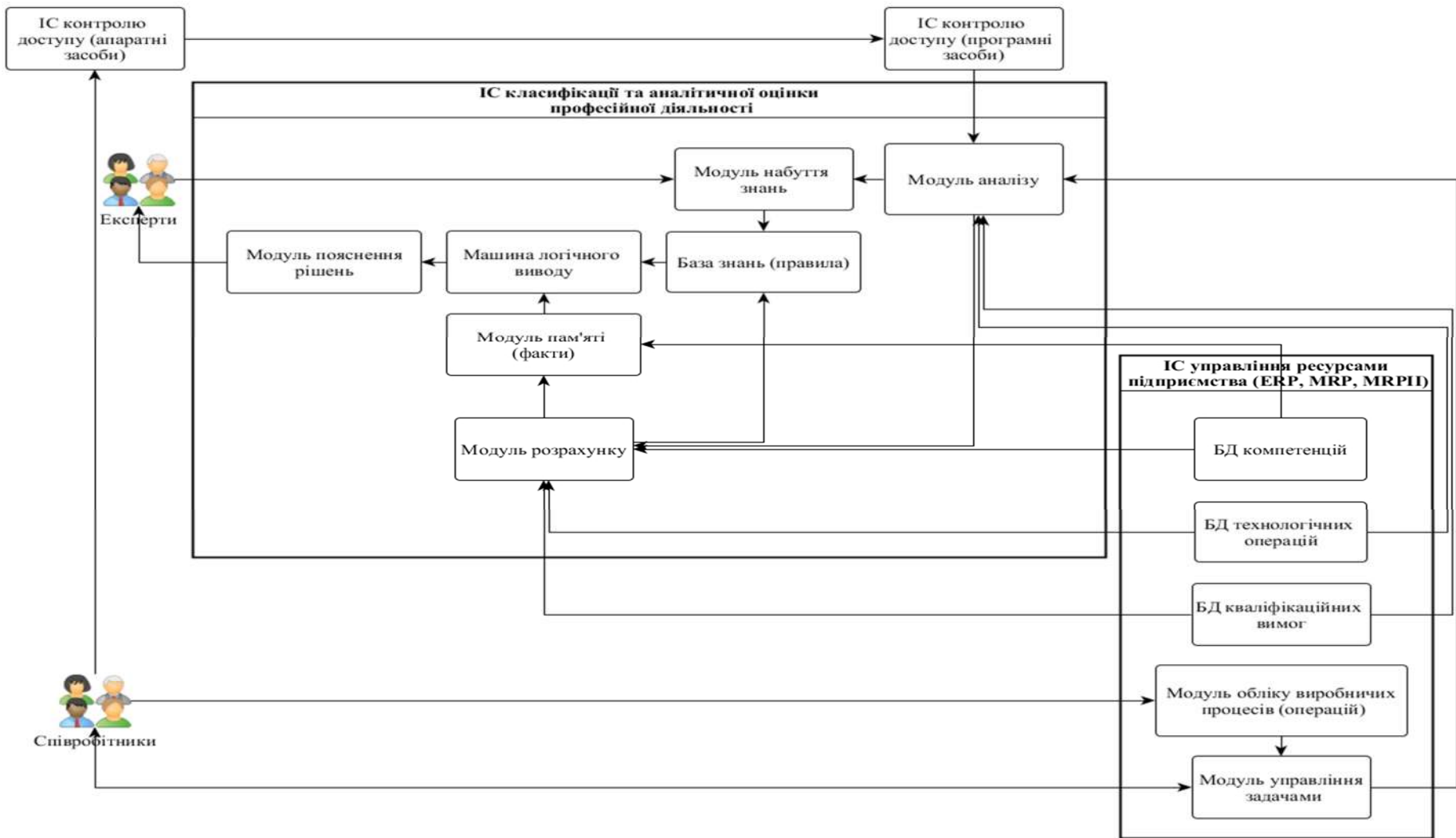


Рис. 1. Структурна схема інформаційної технології аналітичної оцінки професійної діяльності

Інформаційна технологія класифікації та аналітичної оцінки професійної діяльності (рис. 1), дозволяє виділити інформаційні системи та їх сутності, які будуть використовуватися у процесі обміну:

1. ERP системи підприємства, модулі яких зберігають дані щодо:
 - кваліфікаційних вимог;
 - компетенцій;
 - технологічних карт (операцій), їх облік та БД;
 - управління задачами (завданнями).
2. Системи контролю доступу для обліку часу виконання роботи.

На рис. 2 представлена структура БД сутності «Компетенція», яка використовується в ERP системі ІС УБО (управління будівельною організацією). Структура БД є типовою для такого типу сутностей та систем управління ресурсами організації та використовується як специфікація у сценаріях обміну даними.

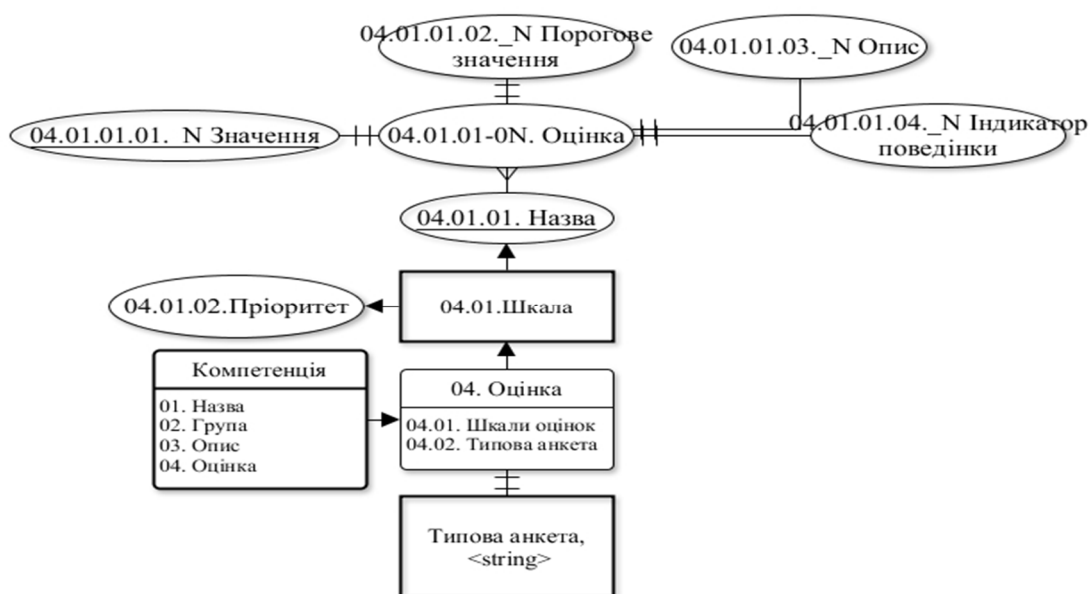


Рис. 2. Структура БД сутності «компетенція» існуючих ERP систем

Структура документа обміну (рис. 3) розроблена з використанням мови розмітки тексту XML та відповідає структурі БД, яка використовується в ERP системі, що спрощує розробку алгоритму обміну.

```

1  <?xml version = "1.0" encoding = "UTF-8" ?>
2  <competency>
3    <competency_group>Name of group</competency_group>
4    <competency_name> Name of competency </competency_name>
5    <competency_discription> Discription of competency </competency_discription>
6    <competency_estimation>
7      <typical_question_list> Questionnaire </typical_question_list>
8      <estimation_scale>
9        <mark#1>
10       <priority>Priority</priority>
11       <threshold>Threshold</threshold>
12       <mark#1_discription> Discription of mark#1 </mark#1_discription>
13       <behavior_indikator> Behavior indikator </behavior_indikator>
14     </mark#1>
15     .....
16   <mark_n>
17     .....
18   </mark_n>
19 </estimation_scale>
20 </competency_estimation>
21 </competency>
    
```

Рис. 3. Схема документа обміну для сутності «Компетенція»

У статті наведені фрагменти структур та файлів обміну відповідних баз даних існуючих систем управління ресурсами підприємства для прикладу підходу, який повинен бути використаний під час розробки механізмів інтеграції для всіх сутностей, які увійшли в структурну схему інформаційної технології аналітичної оцінки професійної діяльності.

Висновки і пропозиції. Обмін даними між інформаційними системами може здійснюватися за декількома схемами обміну. Для інформаційних технологій аналітичної оцінки професійної діяльності реалізовано схему регулярного періодичного обміну. Такий варіант обміну передбачає наявність XML-репозитарію в кожній із систем, які беруть участь у обміні.

Узагальнена схема взаємодії модулів ERP систем, інформаційних систем обліку робочого часу та аналітичної оцінки професійної діяльності передбачає використання розроблених схем документів обміну та структур БД зазначених програмних продуктів. Дані з зазначених систем передаються до модуля аналізу та модуля розрахунків (рис. 1) за допомогою схем завантаження та вивантаження інформації з власних сховищ (1-й шар метаданих БД) за допомогою XML файлів. Зі схемами завантаження/вивантаження працюють універсальні Java-додатки DBImport та DBExport, доступ до яких може здійснюватися через веб-інтерфейс. Сценарії завантаження/вивантаження зберігаються в зазначених репозитаріях у форматі алгоритмів та схем обміну на фізичному рівні БД та відповідних полів файлів обміну у форматі XML.

У зв'язку з тим, що структури БД різних ERP систем суттєво відрізняються на фізичному рівні, в роботі представлено загальний підхід до процедури обміну з деталізацією лише структури файлів обміну у форматі XML.

Список використаних джерел

1. *Петров В. Н.* Информационные системы / В. Н. Петров. – СПб. : Питер, 2003. – 688 с.
2. *Рагулин П. Г.* Информационные технологии. Электронный учебник / П. Г. Рагулин. – Владивосток : ТИДОТ Дальневост. ун-та, 2004. – 208 с.
3. *Давидовская М. И.* Современные информационные технологии : учебное пособие для гуманитарных факультетов / М. И. Давидовская, А. И. Лапо, А. Е. Пупцев. – Вильнюс : ЕГУ, 2008. – 425 с.
4. *Заріцький О. В.* Інформаційні технології в реалізації концепції розподіленого робочого простору та моделювання професійної діяльності людини / О. В. Заріцький, В. В. Судік // XII Міжнародна науково-технічна конференція «Авіа 2015», 28-29 квітня 2015 року. – К. : НАУ, 2015. – С. 3.5–3.8.
5. *Заріцький О. В.* Дослідження інформаційних технологій оцінки та опису складності робіт / О. В. Заріцький, В. В. Судік // Міжнародна науково-практична конференція молодих учених і студентів «Політ. Сучасні проблеми науки» (8-9 квітня 2015 року). – К., 2015. – С. 44.
6. *Толбатов С. В.* Методика та інформаційна технологія оцінки складності робіт промислових підприємств : дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.13.06 / Толбатов Сергій Володимирович. – К., 2016. – 206 с.
7. *Wilson M.* A history of job analysis. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates, 2007.
8. *McCormick, E. J.* The development and background of the position analysis questionnaire (PAQ) / E. J. McCormick, P. R. Jeanneret, R. C. Mecham // PsycEXTRA – Report. – 1969. – Vol. 5. – P. 25.
9. *Development of Prototype Occupational Information Network (O*NET) Content Model* / N. G. Peterson, M. D. Mumford, W.C. Borman, P.R. Jeanneret, E.A. Fleishman // Utah Department of Workforce Services, 1995. – 1085 p.
10. *Final Report on the Review and Evaluation of Job Analysis Practices.* IFS international, 2011. – 295 p.
11. *ДСТУ 2392-94.* Державний стандарт України. Інформація та документація. Базові поняття. Терміни та визначення. – К. : Держстандарт України, 1994. – 25 с.
12. *Гайдамакин Н. А.* Автоматизированные системы, базы и банки данных. Вводный курс : учебное пособие / Н. А. Гайдамакин. – М. : Гелиос АРВ, 2002. – 368 с.

13. Грицунов О. В. Інформаційні системи та технології : навч. посіб. / О. В. Грицунов. – Х. : ХНАМГ, 2010. – 222 с.
14. Заріцький О. В. Класифікація сучасних інформаційних систем моделювання та управління людськими ресурсами / О. В. Заріцький, В. В. Судік // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Серія «Технічні науки» : зб. наук. пр. – 2015. – № 1 (77). – С. 98–108.
15. Заріцький О. В. Аналітичний огляд методологій та інформаційних систем моделювання та оцінки професійної діяльності людини / О. В. Заріцький // Проблеми інформатизації та управління : зб. наук. пр. – 2015. – № 1 (49). – С. 32–36.
16. Заріцький О. В. Теоретичні основи побудови функціональних моделей професійної діяльності людини / О. В. Заріцький // Часопис «Вісник інженерної академії України». – 2015. – № 2. – С. 233–236.
17. Заріцький О. В. Концепція перспективних інформаційних кадрових систем / О. В. Заріцький // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Серія «Технічні науки» : зб. наук. пр. – 2015. – № 2 (2). – С. 116–123.
18. Заріцький О. В. Теоретичні основи побудови експертних систем аналізу та оцінки професійної діяльності / О. В. Заріцький // Електроніка та системи управління : зб. наук. пр. – 2015. – № 2 (44). – С. 103–106.
19. Заріцький О. В. Архітектура експертної системи аналітичної оцінки професійної діяльності / О. В. Заріцький // Часопис «Вісник інженерної академії України». – 2016. – № 3. – С. 266–270.

References

1. Petrov, V.N. (2003). *Informatcionnye sistemy [Information systems]*. Saint-Petersburg: Piter (in Russian).
2. Ragulin, P.G. (2004). *Informatcionnye tekhnologii. Elektronnyi uchebnik [Information technology. Electronic textbook]*. Vladivostok: TIDOT Dalnevost. un-ta (in Russian).
3. Davidovskaia, M.I., Lapo, A.I., Puptsev, A.E. (2008). *Sovremennye informatcionnye tekhnologii: uchebnoe posobie dlia gumanitarnykh fakultetov [Modern information technologies: a textbook for humanitarian faculties]*. Vilnyus: EGU (in Russian).
4. Zaritskiy, O.V. (2015). Informatciyni tekhnolohiyi v realizatsiyi kontseptsiyi rozpodilenooho robochoho prostoru ta modelyuvannya profesiynoyi diyalnosti lyudyny [Information technologies in the implementation of the distributed working space concept and modeling of professional human activities]. *Proceeding from XII Mizhnarodna naukovo-tekhnichna konferentsiya «Avia 2015» – Materials XII International scientific and technical conference «Avia 2015»* (Kyiv, April 28-29, 2015). Kyiv: NAU, pp. 3.5–3.8 (in Ukrainian).
5. Zaritskiy, O.V. & Sudik, V.V. (2015). Doslidzhennya informatciynykh tekhnolohiy otsinky ta opysu skladnosti robit [Investigation of information technologies for evaluation and description of works complexity]. *Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiya molodykh uchenykh i studentiv «Polit. Suchasni problemy nauky» – International Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Students «Flight. Modern Problems of Science»* (Kyiv, April 8-9, 2015). Kyiv: NAU, p. 44 (in Ukrainian).
6. Tolbatov, S.V. (2016) Metodyka ta informatciyna tekhnolohiya otsinky skladnosti robit promyslovykh pidpryyemstv [Method and information technology for assessing the job complexity in industrial enterprises]. *Candidate's thesis*. Kyiv: National Aviation University (in Ukrainian).
7. Wilson, M. (2007). *A history of job analysis*. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
8. McCormick, E. J. (1969). The development and background of the position analysis questionnaire (PAQ). *PsycEXTRA Report*, no. 5, p. 25.
9. Peterson N.G. (1995). *Development of Prototype Occupational Information Network (O*NET) Content Model*. WD: Utah Department of Workforce Services.
10. *Final Report on the Review and Evaluation of Job Analysis Practices* (2011). IFS international.
11. *Derzhavnyy standart Ukrayiny. Informatciya ta dokumentatsiya. Bazovi ponyattya. Terminy ta vyznachennya [State standard of Ukraine. Information and documentation. Basic concepts. Terms and definitions]* (1994). DSTU 2392-94. Kyiv: Derzhstandart Ukrayiny (in Ukrainian).
12. Gaidamakin, N. A. (2002). *Avtomatizirovannyye sistemy, bazy i banki dannykh. Vvodnyi kurs [Automated systems, databases and data banks. Introductory course]*. Moskow: Gelios ARV (in Russian).
13. Gritcunov, O. V. (2010). *Informatciini sistemi ta tekhnologii. Navchalnii posibnik [Information systems and technologies. Tutorial]*. Kharkiv: KhNAMG (in Ukrainian).

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

14. Zaritskyi O.V., Sudik V.V. (2015). Klasyfikatsiia suchasnykh informatsiinykh system modeliuvannya ta upravlinnia liudskymy resursamy [Classification of modern information systems for modeling and management of human resources]. *Visnyk Chernihivskoho derzhavnoho tekhnolohichnoho universytetu. Seriya «Tekhnichni nauky» – Bulletin of Chernihiv State Technological University. Series «Technical Sciences»*, no. 1 (77), pp. 98–108 (in Ukrainian).

15. Zaritskyi, O.V. (2015). Analitychnyy ohlyad metodolohiy ta informatsiinykh system modelyuvannya ta otsinky profesiynoyi diyalnosti lyudyny [An analytical review of methodologies and information systems for modeling and evaluating human professional activities]. *Problemy informatyzatsiyi ta upravlinnya – Problems of informatization and management*, no. 1 (49), pp. 32–36 (in Ukrainian).

16. Zaritskyi, O.V. (2015). Teoretychni osnovy pobudovy funktsionalnykh modeley profesiynoyi diyalnosti lyudyny [Theoretical foundations of professional human activity functional models constructing]. *Chasopys «Visnyk inzhenernoyi akademiyi Ukrayiny» – Journal of the Engineering Academy of Ukraine*, no. 2, pp. 233–236 (in Ukrainian).

17. Zaritskyi, O.V. (2015). Kontseptsiya perspektyvnykh informatsiinykh kadrovnykh system [Concept of promising informational personnel systems]. *Visnyk Chernihivskoho derzhavnoho tekhnolohichnoho universytetu. Seriya «Tekhnichni nauky» – Bulletin of Chernihiv State Technological University. Series «Technical Sciences»*, no. 2 (2), pp. 116–123 (in Ukrainian).

18. Zaritskyi, O.V. (2015). Teoretychni osnovy pobudovy ekspertnykh system analizu ta otsinky profesiynoyi diyalnosti [Theoretical foundations of the professional activities analysis and evaluation expert systems construction]. *Elektronika ta systemy upravlinnya – Electronics and control systems*, no. 2(44), pp. 103–106 (in Ukrainian).

19. Zaritskyi, O.V. (2016). Arkhitektura ekspertnoyi systemy analitychnoyi otsinky profesiynoyi diyalnosti [Architecture of the professional activity analytical evaluation expert system]. *Chasopys «Visnyk inzhenernoyi akademiyi Ukrayiny» – Journal «Journal of the Engineering Academy of Ukraine»*, no. 3, pp. 266–270 (in Ukrainian).

UDC 001.891.3:004.825:004.891(045)

Oleg Zaritskyi

INFORMATION TECHNOLOGY OF PROFESSIONAL ACTIVITY ANALYTICAL EVALUATION. PRACTICAL ASPECTS OF INTEGRATION WITH ENTERPRISE RESOURCE MANAGEMENT SYSTEMS

Urgency of the research. Consideration of professional activities analytical assessment information technology requires a detailed separate study due to the lack of standardized approaches to the development of architectures, relevant information systems and database structures within the framework of these technologies.

Target setting. The purpose of the article is to highlight the results of research on the standardization of professional activity analytical evaluation information technology modules architecture and their structure, as well as standards of data exchange with existing enterprise resource management systems.

Actual scientific researches and issues analysis. All decisions on the practical implementation of complexity of work (professional activity) analytical assessment information technology, highlighted in scientific research and articles, consider information technology from the point of view of processing methods and data presentation, leaving the issues of the architecture, security and integration of systems not considered.

Uninvestigated parts of general matters defining. Thus, the works and researches do not consider the question of standardization of information technology architectures for analytical evaluation of professional activity and exchange files with existing enterprise resource management systems, which will significantly reduce the cost of such systems developing and increase the efficiency of the use of existing software.

The research objective. In the article the results of professional activity analytical estimation information technology construction and development of data exchange document standards the technology with enterprise resource planning information systems are presented.

The statement of basic materials. The generalized scheme of interaction of ERP modules, information systems of working time accounting and analytical evaluation of professional activities involves the use of developed schemes of exchange documents and databases of specified software products. Data from these systems are transmitted to the analysis module and the calculation module with the help of schemes for loading and unloading information from their own repositories (1st layer of database metadata) using XML files.

Conclusions. The exchange of data between information systems can be carried out through several exchange schemes. For analytical estimation of professional activity informational technologies the scheme of regular periodic exchange is realized. This option provides for the presence of an XML repository in each of the systems that participate in the exchange.

Key words: job analysis; professional activity estimation; professional activity estimation; information technology; information system; data exchange document; XML.

Fig.: 3. Bibl.: 19.

УДК 001.891.3:004.825:004.891(045)

*Олег Зарицкий***ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ АНАЛИТИЧЕСКОЙ
ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ. ПРАКТИЧЕСКИЕ
АСПЕКТЫ ИНТЕГРАЦИИ С СИСТЕМАМИ УПРАВЛЕНИЯ
РЕСУРСАМИ ПРЕДПРИЯТИЯ**

В статье представлены результаты построения структуры информационной технологии аналитической оценки профессиональной деятельности и разработки стандартов документов обмена данными указанной технологии с информационными системами управления ресурсами предприятия.

Ключевые слова: анализ работы; оценка профессиональной деятельности; информационная технология; информационная система; документ обмена данными; XML.

Рис.: 3. Библ.: 19.

Заріцький Олег Володимирович – кандидат технічних наук, докторант кафедри засобів захисту інформації, Національний авіаційний університет (просп. Космонавта Комарова, 1, м. Київ, 03058, Україна).

Зарицкий Олег Владимирович – кандидат технических наук, докторант кафедры средств защиты информации, Национальный авиационный университет (просп. Космонавта Комарова, 1, г. Киев, 03058, Украина).

Zaritskyi Oleg – PhD in Technical Sciences, Doctoral of Information Defense Means Department, National Aviation University (1 Komarova Av., 03058 Kyiv, Ukraine).

E-mail: olegzaritskyi@gmail.com

Scopus Author ID: 57163753100

Scopus Author ID: 57189327322

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6116-4426>

Наталія Мартинова, Дмитро Самохвалов, Віктор Семашко

ЕФЕКТИВНІ РІШЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ НАВЧАННЯ: ПОЄДНАННЯ ДРУКОВАНИХ НАВЧАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ З МОБІЛЬНИМИ СИСТЕМАМИ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ

Актуальність теми дослідження. Стрімке проникнення інформаційно-комунікаційних технологій у життя людини та перенавантаження інформаційними потоками вимагають від сучасної освіти прийняття нових технологій, зміни методів навчання та способів подання навчальної інформації. Одним із ефективних рішень зазначених питань є доповнена реальність. Доповнена реальність («augmented reality», скорочено AR) являє собою технологію інтерактивної візуалізації, яка доповнює зображення реального світу віртуальними елементами.

Постановка завдання. Головною метою цієї роботи є необхідність провести дослідження існуючих рішень та запропонувати власні розробки щодо ефективного поєднання традиційних навчальних методик та друківаних видань із сучасними технологіями доповненої реальності із застосуванням більш доступних мобільних пристроїв

Виклад основного матеріалу. У роботі запропоновано кілька розробок навчальних матеріалів, що поєднують друківані навчальні посібники з можливостями доповненої реальності. Як перший приклад наведені методичні вказівники з курсу вищої математики, що дозволяють візуалізувати поверхні другого порядку під час вивчення теми знаходження екстремумів функцій багатьох змінних. Найбільш ефективним є інтерактивне застосування технологій AR для віртуальних лабораторних робіт, тренажерів з можливістю динамічної взаємодії. Наступна розробка допоможе зрозуміти базові принципи побудови графічних зображень і розроблення тривимірних моделей при вивченні інженерних дисциплін. Демонстрація різниці між 2D і 3D об'єктами із використанням технологій доповненої реальності реалізована для дисциплін «Нарисна геометрія», «Інженерна графіка», «Комп'ютерна графіка в машинобудуванні». Запропонований і реалізований підхід є більш продуктивним, ніж із застосуванням традиційних, статичних аксонометричних зображень.

Висновки. Апробація навчальних методик та прикладних розробок, що пропонуються авторами, підтвердила їх ефективність, зацікавленість студентів у роботі, можливість розповсюдження та використання за технічним, природничим або іншим напрямком. Ці технології активно використовуються в системі електронного навчання Сумського державного університету.

Ключові слова: освітні технології; доповнена реальність; мобільні пристрої; візуалізація; інтерактивна модель.

Рис.: 4. Бібл.: 6.

Постановка проблеми. Стрімке проникнення інформаційно-комунікаційних технологій у життя людини та перенавантаження інформаційними потоками вимагають від сучасної освіти прийняття нових технологій, зміни методів навчання та способів подання навчальної інформації.

Сучасна молодь значно відрізняється швидкістю розвитку, ходом думок, можливістю навчатися в Інтернеті. Таке покоління має «кліпове» мислення, проводить з електронними пристроями більше часу, ніж з однолітками тощо.

Потрібно перевернути уявлення учнів про потенціал їхніх електронних пристроїв і надати молоді можливість користуватися гаджетами у школі, коледжі або ВНЗ, але використовувати їх певним чином, сприяючи оптимізації навчального процесу. На застосуванні мобільних гаджетів заснована ідея такого технотренду – мобільне навчання. Ідея полягає в тому, що навчання проходить незалежно від місцезнаходження і відбувається з використанням портативних технологій. Можливість навчатися в будь-якому місці і в будь-який час є спільною тенденцією життя людини в інформаційному суспільстві.

Аналіз останніх досліджень. Одним із ефективних рішень зазначених питань є доповнена реальність. Доповнена реальність (augmented reality, скорочено AR) являє собою технологію інтерактивної візуалізації, яка доповнює зображення реального світу віртуальними елементами. Сьогодні завдяки широкому розповсюдженню мобільних пристроїв, достатньо завантажити спеціальний додаток, який накладає цифрову інформацію (тривимірні моделі, відео, аудіо тощо) на зображення реального світу, що отримується з камери, і виводить результат на екран. За рахунок мінімальних вимог до обладнання (лише комп'ютер або ноутбук, або мобільний телефон) таку технологію може використати кожен. Доповнена реальність може «оживити» практично будь-які навчальні матеріали – ілюстрації у книгах, моделі, схеми, карти, малюнки в альбомах тощо.

Освітні AR-технології збагачують візуальне і контекстуальне навчання, покращуючи змістовність інформації настільки, що до 80 % з неї утримується в короточасній пам'яті в порівнянні з 25 % при сприйнятті на слух (традиційні лекції) або читанні тексту.

Серед переваг використання технологій віртуальної реальності в освітньому процесі можна виділити такі:

- можливість задіяти одразу весь спектр рецепторних систем людини у процесі навчання (тобто здійснювати узгоджений процес передачі інформації одразу по декількох каналах);
- моделювання процесів, підтримання (демонстрація) яких у реальності є складним, небезпечним або економічно недоцільним процесом;
- здійснення процесу навчання у формі віртуального оповідання, що дозволяє реалізувати принцип edutainment (від англ. Education (навчання) + entertainment (розвага)), який часто дозволяє тому, якого навчають, повністю розкрити свої можливості;
- автоматизація освітнього процесу при збереженні індивідуального підходу до студента (облік індивідуальних здібностей, інтересів і пізнавальних потреб);
- створення «гнучких» навчальних програм;
- можливість інтерактивного закріплення отриманих знань (засвоєних навичок) тощо.

Підвищення ефективності навчання з використанням технологій віртуальної реальності обумовлено також тим, що заняття з використанням сучасних технологій викликають великий інтерес, результатом чого стає підвищення навчальної мотивації та активності студентів.

Мета статті. Головною метою цієї роботи є необхідність провести дослідження існуючих рішень та запропонувати власні розробки щодо ефективного поєднання традиційних навчальних методик та друкованих видань із сучасними технологіями доповненої реальності із застосуванням більш доступних мобільних пристроїв.

Виклад основного матеріалу. Рішення, що використовується у навчанні, буде більш ефективним, якщо воно створює ефект присутності. У цьому випадку воно є набагато ціннішим і сприяє більш глибокому розумінню матеріалу. Технологія доповненої реальності якнайкраще підходить для того, щоб прискорити засвоєння матеріалу й підняти рівень навчання, незалежно від віку слухачів і дисципліни. Застосування технологій доповненої реальності дозволяє викладачу показати об'єкт вивчення з різних сторін, побачити нові грані досліджуваного об'єкта.

У широкому сенсі доповнена реальність являє собою процес перегляду реального світу і віртуальних об'єктів одночасно, де віртуальна інформація накладається, вирівнюється й інтегрується у фізичному світі. Доповнена реальність (AR) – це технології, що дозволяють доповнювати зображення реальних об'єктів різними об'єктами комп'ютерної графіки, а також поєднувати зображення, отримані від різних джерел комп'ютерного середовища: відеокамер, акселерометрів, компасів тощо.

Мобільні системи доповненої реальності включають у себе мобільні додатки для телефонів. Під мобільними AR мають на увазі використання різних мобільних інтерфейсів для взаємодії користувача з віртуальними даними, які доповнюють реальний світ. Більшість мобільних пристроїв нині обладнано камерами, що робить мобільний телефон однією з найбільш зручних платформ для реалізації систем доповненої реальності. Крім того, більшість стільникових телефонів мають додаткові вбудовані датчики, такі як: акселерометри, магнітометри і GPS-приймачі, які можуть поліпшити роботу AR-програми.

Системи доповненої реальності можна розрізняти за ступенем взаємодії з користувачем. У деяких системах користувач відіграє пасивну роль, він лише спостерігає за реакцією системи на зміни в навколишньому середовищі. Інші ж системи вимагають активного втручання користувача – він може управляти як роботою самої системи для досягнення результатів, так і змінювати віртуальні об'єкти.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Проекти доповненої реальності розроблялися для того, щоб «збагатити» об'єкти фізичного середовища або звичайну книжку.

Оптимальний освітній ресурс – традиційні друковані навчальні видання з доповненою реальністю. Вони надають істотні переваги:

- не потрібна кардинальна зміна методики викладання. Ми не ліквідуємо паперові підручники, до яких за багато століть звикли і викладачі й учні, а розширюємо можливості підручника. Це еволюційний, а не революційний шлях;

- існує так званий «цифровий розрив між поколіннями». Не секрет, що багатьом педагогам у силу віку складно сприймати сучасні ІТ-технології, такі звичні для студентів. AR-технології усувають такий розрив: підручник зберігає свій звичний вигляд, а його звичайні сторінки служать маркерами, розпізнаваними додатком для доповненої реальності;

- функції традиційного підручника розширюються, дозволяючи передавати інформацію не по вузькому каналу «текст + нерухоме зображення», а по набагато більш широким «об'ємна анімація + звук»;

- вводить функція інтерактивності, причому в двох варіантах. Перший – підготовка до взаємодії з реальними об'єктами (тренажери, віртуальні лабораторні роботи), другий – взаємодія з об'єктами, в реальному житті недоступними (наприклад, перетягування атомів і молекул при моделюванні хімічних реакцій);

- значне підвищення привабливості навчального процесу для покоління, що звикло до постійного використання електронних пристроїв. Вдалих цікавий підручник з функцією AR цілком здатний зацікавити особу, що навчається, тією чи іншою галуззю знань.

Ми пропонуємо кілька розробок навчальних матеріалів, що поєднують друковані навчальні посібники з можливостями доповненої реальності.

Як перший приклад розглянемо методичні вказівники з курсу вищої математики, що дозволяють візуалізувати поверхні другого порядку під час вивчення теми знаходження екстремумів функцій багатьох змінних. Читачу надається посилання на програму для мобільного пристрою з ОС Android: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.Grafics>, або можливість завантажити додаток шляхом зчитування відповідного qr-коду.

За допомогою програмного забезпечення Unity3D [5; 6] надається можливість візуалізації та знаходження екстремумів функції другого порядку. Для прикладу розглянемо функцію:

$$F = ce^{-(x-a)^2-(y-b)^2} + fe^{-(x-d)^2-(y-e)^2},$$

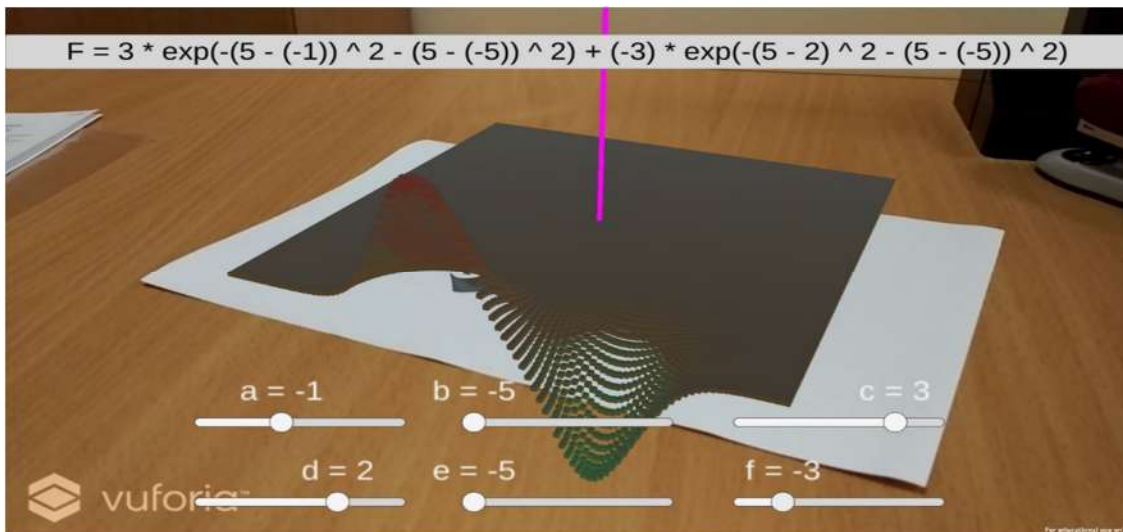
де a, b, c, d, e, g, f – параметри.

При зміні параметрів викликається спеціальна процедура для обчислення нового масиву точок значень функції та безпосередньої побудови графіка з подальшою візуалізацією (рис. 1).

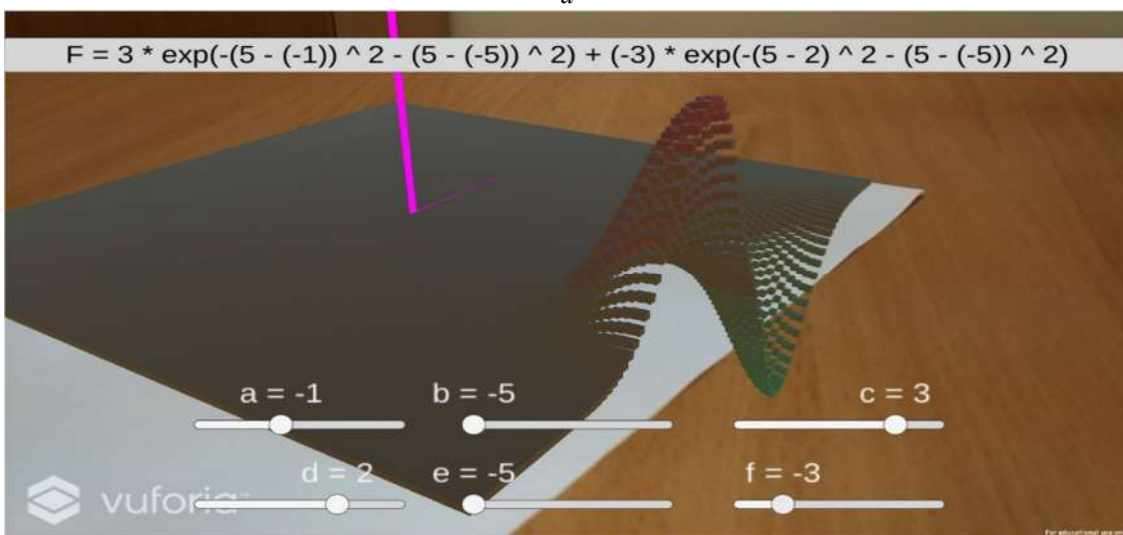
Ми можемо візуально побачити мінімум, максимум функції, розглядати поверхню з будь-якого боку та змінити параметри a, b, c, d, e, f .

Наступна розробка допоможе зрозуміти базові принципи побудови графічних зображень і розроблення тривимірних моделей при вивченні інженерних дисциплін.

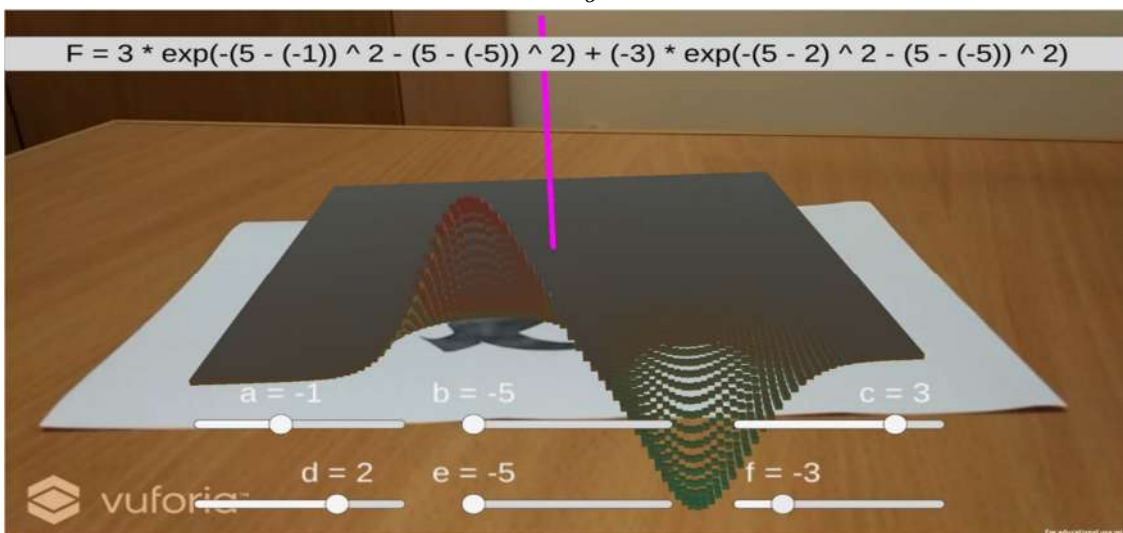
Демонстрація різниці між 2D і 3D об'єктами із використанням технології доповненої реальності у контексті вивчення дисциплін реалізована для дисциплін «Нарисна геометрія», «Інженерна графіка», «Комп'ютерна графіка в машинобудуванні». Доповнена реальність створюється на основі системи «Vuforia». Ця технологія реалізується шляхом встановлення розробленого мобільного додатку «Visualization: From 2D to 3D» на смартфон або планшет із ОС Android. При наведенні камери на 2D креслення над ним з'являється відповідна 3D модель. Обертання креслення на робочому столі дозволяє продивитись 3D модель з усіх сторін. Приклад реалізації запропонованої технології показано у відеоролику за посиланням https://drive.google.com/file/d/0B_4pKah8WxgeMzNOVFUyMjVJRTA/view?usp=sharing



a



б



в

Рис. 1. Приклади побудови і візуалізації графіків функції двох змінних $F = ce^{-(x-a)^2-(y-b)^2} + fe^{-(x-d)^2-(y-e)^2}$ залежно від параметрів a, b, c, d, e, f

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Запропонований і реалізований підхід є більш продуктивним, ніж застосування традиційних, статичних аксонометричних зображень. Крім того, застосування технології доповненої реальності спонукає викладачів до подолання викликів, пов'язаних із нестачею аудиторних годин на графічний цикл дисциплін інженерного спрямування.

Найбільш ефективним є інтерактивне застосування технологій AR для віртуальних лабораторних робіт, тренажерів з можливістю динамічної взаємодії. Як приклад пропонуємо розробку керування віртуальним об'єктом. Авторська розробка «Гелікоптер AR» дозволяє поєднати реальне зображення з відеокамери смартфона з віртуальною 3D-моделлю гелікоптера (рис. 2).

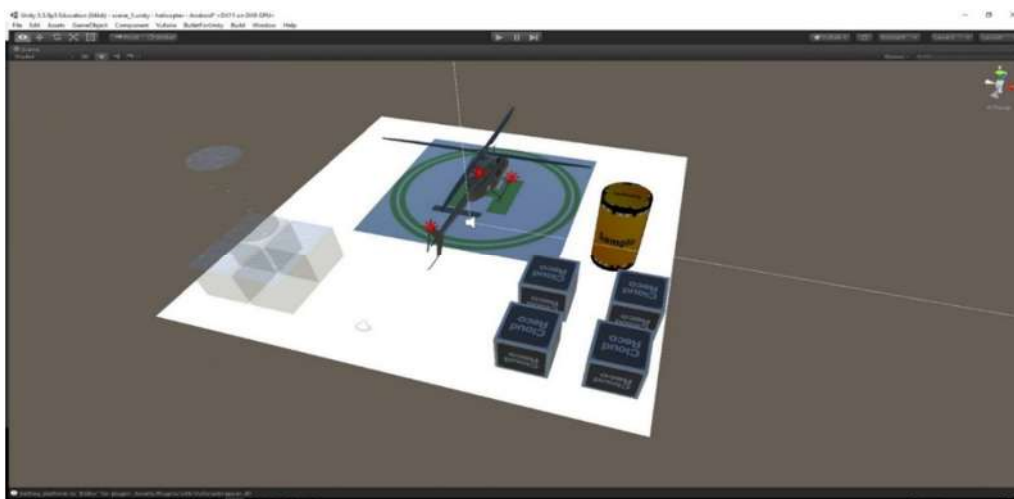


Рис. 2. Загальний вигляд віртуальної 3D-моделі

Позиціонування інтерактивної 3D-моделі гелікоптера здійснюється за допомогою спеціалізованого маркера – зображення, що однозначно ідентифікується програмою та визначає систему координат і їх початкові значення для віртуальної моделі (рис. 3). Маркер розпізнається спеціальною програмою (у цьому випадку платформою Vuforia компанії Qualcomm) і створюється масив даних, що передається у додаток для подальшої обробки і позиціонування віртуальних моделей. Під час роботи додатку зображення, отримане з камери пристрою аналізується у чорно-білому спектрі і виділяються контрастні місця, на цих місцях створюються точки і таким чином ми отримуємо масив точок з камери. Коли масив точок, отриманих з камери пристрою, збігається з масивом маркера, додаток розуміє, що це маркер і позиціонує на нього віртуальну модель.



Рис. 3. Загальний вигляд маркера

У процесі роботи інтерактивні 3D-модель можуть змінювати параметри, що передбачені сценарієм їх роботи, зокрема в моделі гелікоптера користувачем може змінюватись швидкість обертання гвинта, що впливає на висоту його польоту, а також обиратись напрямком руху: вперед, назад, ліворуч, праворуч (рис. 4).

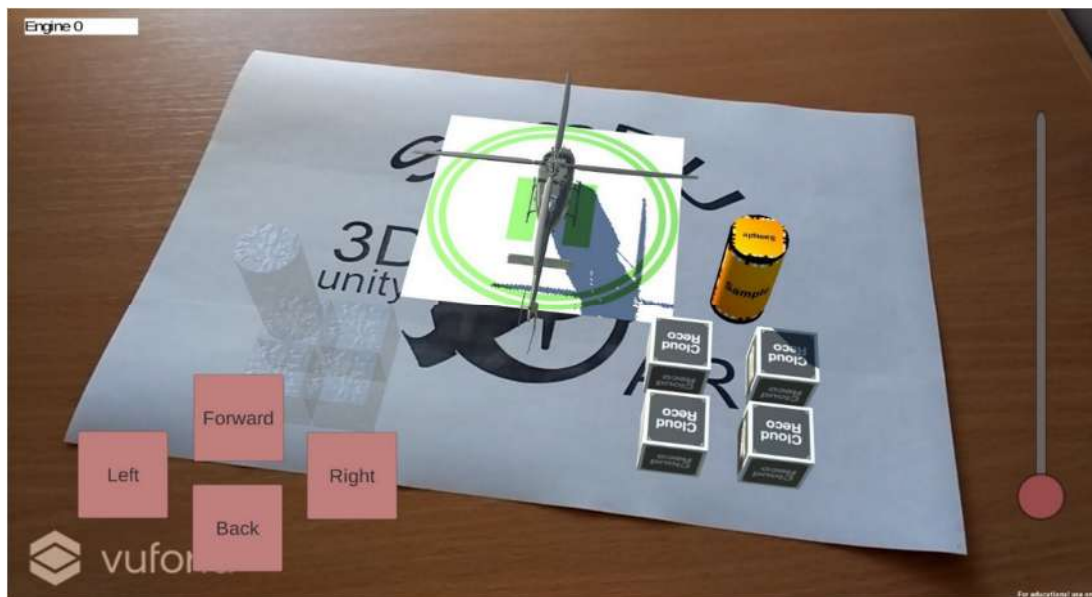


Рис. 4. Загальний вигляд додатка із застосуванням технології доповненої реальності

Загалом, технологія доповненої реальності передбачає відповідність однієї чи декількох 3D-моделей одному маркеру. Після ідентифікації маркера модель чи моделі позиціонуються чітко відповідно до положення маркера. Подальше їх переміщення можливе відносно позиції маркера згідно з заданим програмним сценарієм.

Також можливе одночасне застосування декількох маркерів, що, відповідно, дозволяє сформувати декілька 3D-моделей, не пов'язаних між собою, але здатних взаємодіяти. Таким чином, залежно від взаємної позиції маркерів можуть бути спроектовані і реалізовані відповідними програмними сценаріями різні варіанти поведінки 3D-моделей. Наприклад, гелікоптер може змінювати траєкторію руху залежно від позиції другого маркера, якому відповідає, наприклад, модель повітряної кулі тощо. Сценарій поведінки може, наприклад, передбачати переслідування одного об'єкта іншим чи навпаки.

Для написання сценарію роботи додатка «Гелікоптер AR» і компіляції його під пристрій на системі Android, з боку технічної реалізації, був використаний ігровий двигун Unity3D з використанням мови програмування C#. У Unity3D був створений інтерфейс взаємодії користувача з віртуальною моделлю і реалізовані необхідні програмні функції для виконання сценарію додатка. Всі моделі у додатку виконані у редакторі тривимірної графіки Autodesk 3ds Max. Для реалізації безпосередньо моделі доповненої реальності використовувався вихідний код платформи Vuforia компанії Qualcomm. Платформа Vuforia також надає власну середу для розробки додатків доповненої реальності, однак двигун Unity3D надає набагато більше можливостей для реалізації різноманітних і більш складних сценаріїв у додатках.

Переглянути відеоілюстрації цієї роботи можливо за посиланням: <https://www.youtube.com/watch?v=FXxpDkJXPjY&sns=em>.

Висновки і пропозиції. Апробація навчальних методик та прикладних розробок, що ми запропонували, підтвердила їх ефективність, зацікавленість студентів у роботі, можливість розповсюдження та використання за технічним, природничим або іншим напрямком.

Список використаних джерел

1. *Житеньова Н. В.* Технології візуалізації в сучасних освітніх трендах [Електронний ресурс] / Н. В. Житеньова // Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету. – 2016. – № 2. – С. 170–178. – Режим доступу : http://elibrary.kubg.edu.ua/15191/1/Zhytienova_E_Ser.pdf.
2. *IT-забезпечення діяльності інноваційного університету: досвід українського вишу: монографія* / [А. В. Васильєв, В. О. Любчак, Ю. О. Зубань та ін.] ; за заг. ред. проф. А. В. Васильєва. – Суми : Сумський державний університет, 2016. – 173 с.
3. *Лямов Ю. О.* Технология дополненной реальности [Электронный ресурс] / Ю. О. Лямов // Современная техника и технологии. – 2014. – № 9. – Режим доступа : <http://technology.snauka.ru/2014/09/4567>.
4. *Мазанов В. Г.* Використання технологій доповненої реальності у навчанні і для діагностування автомобільної техніки / В. Г. Мазанов, В. А. Романюк, Ю. Ю. Тишкевич // Зб. наук. праць Академії внутрішніх військ МВС України. – 2014. – Вип. 1 (23). – С. 33–38.
5. *Посилання на статті та розробки Unity* [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://agulev.com/unity-podborka-statej>.
6. *Ресурс інтегрованого середовища розробки Unity* [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://unity3d.com/ru/unity/demos>.

References

1. Zhytienova, N.V. (2016). *Tekhnologhii vizualizatsii v suchasnykh osvitnikh trendakh* [Technologies of visualization in modern educational trends]. *Vidkryte osvritnie e-seredovyshche suchasnoho universytetu – Open educational e-space of modern university*, no. 2, pp. 170–178. Retrieved from http://elibrary.kubg.edu.ua/15191/1/Zhytienova_E_Ser.pdf.
2. Vasyliiev, A.V., Liubchak, V.O., Zuban, Yu.O. et al. (2016). *IT-zabezpechennia diialnosti innovatsiinoho universytetu: dosvid ukrainskoho vyshu* [IT-support of the innovative university: the experience of the Ukrainian University]. Sumy: Sumskiy derzhavnyi universytet (in Ukrainian).
3. Liamov, Yu.O. (2014). *Tekhnologhiiia dopolnennoi realnosti* [Technology of Augmented reality]. *Sovremennaiia tekhnika i tekhnologii – Modern equipment and technologies*, no 9. Retrieved from <http://technology.snauka.ru/2014/09/4567>.
4. Mazanov, V.H., Romaniuk, V.A., Tyshkevych, Yu.Yu. (2014). *Vykorystannia tekhnologhii dopovnenoii realnosti u navchanni i dlia diahnostuvannia avtomobilnoi tekhniky* [Use augmented reality technology for training and diagnostics automotive technicians]. *Zbirnyk naukovykh prats Akademii vnutrishnikh viisk MVS Ukrainy – Scientific collection the work of the academy domestic victory MIA of Ukraine*, issue 1 (23), pp. 33–38 (in Ukrainian).
5. *Resurs integrovanogo seredovischa rozrobki Unity* [The resource of the integrated middle of Unity]. Retrieved from <https://unity3d.com/ru/unity/demos>.
6. *Posylannya na statti ta rozrobky Unity* [Links to Unity articles and development]. Retrieved from <http://agulev.com/unity-podborka-statej>.

UDC 37.091.33:002.1

Nataliia Martynova, Dmytro Samokhvalov, Viktor Semashko

**EFFECTIVE SOLUTIONS TO THE LEARNING PROCESS ORGANIZATION:
A COMBINATION OF PRINTED TEACHING MATERIALS WITH
MOBILE SYSTEMS OF AUGMENTED REALITY**

Urgency of the research. *Rapid integration of the information and communication technologies into human life and overload by the information flows require introduction of new technologies, changes in educational methods and ways of introduction of educational information in modern education.*

Target setting. *Augmented reality (abbreviated as AR) is an interactive visualization technology that supplements the real world image with the virtual elements.*

The research objective. The main objective of this work is to study existing solutions and to offer own developments on the effective combination of traditional educational methods and printed editions with modern technologies of the augmented reality with the appliance of more accessible mobile devices.

The statement of basic materials. The authors offer several developments of educational materials that combine printed educational tutorials with the possibilities of augmented reality. As a first example the methodical tutorials from the course of higher mathematics are given, that allow to visualize the second-degree surfaces, as well as to determine points of extremum of the second-degree function. The next development will help to understand the basic principles of the graphic images creation and development of three-dimensional models in studies of engineering disciplines. The presentation of the difference between 2D and 3D by using the objects with technology of the augmented reality in studying of disciplines is implemented in "Descriptive geometry", "Engineering graphics" and "Computer graphics in mechanical engineering". Proposed and implemented approach is more productive than using the traditional, static axonometric images.

Conclusions. The approbation of educational methods and applied developments proposed by the authors proved its effectiveness, interest of students in work, possibility of distribution and application in technical, natural sciences or other training directions.

Key words: educational technologies; augmented reality; mobile devices; visualization; interactive model.

Fig.: 4. Bibl.: 6.

УДК 37.091.33:002.1

Наталия Мартынова, Дмитрий Самохвалов, Виктор Семашко

ЭФФЕКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА: ОБЪЕДИНЕНИЕ ПЕЧАТНЫХ УЧЕБНЫХ МАТЕРИАЛОВ С МОБИЛЬНЫМИ СИСТЕМАМИ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Информационная насыщенность современного мира требует подготовки и определенной адаптации учебного материала для того, чтобы в визуальном доступном для восприятия виде представить учащимся основные сведения. Оптимальным решением было бы создание образовательных ресурсов, объединяющих традиционные печатные издания с современными компьютерными средствами визуализации. Одним из эффективных направлений решения данной проблемы является дополненная реальность. Использование технологий виртуальной реальности обеспечивает значительное повышение эффективности обучения, вызывает большой интерес, результатом чего становится повышение учебной мотивации и активности студентов.

В работе предлагаются несколько разработок учебных материалов, объединяющих печатные учебные пособия с возможностями дополненной реальности. Эти технологии активно используются в системе электронного обучения Сумского государственного университета.

Ключевые слова: образовательные технологии; дополненная реальность; мобильные устройства; визуализация, интерактивная модель.

Рис.: 4. Библ.: 6.

Мартынова Наталия Сергіївна – кандидат технічних наук, доцент кафедри математичного аналізу і методів оптимізації, Сумський державний університет (вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007, Україна).

Мартынова Наталия Сергеевна – кандидат технических наук, доцент кафедры математического анализа методов оптимизации, Сумский государственный университет (ул. Римского-Корсакова, 2, г. Сумы, 40007, Украина).

Martynova Nataliia – PhD in Technical Sciences, Associate Professor of Department of Mathematical Analysis and Optimization Methods, Sumy State University (2 Rymskogo-Korsakova Str., 40007 Sumy, Ukraine).

E-mail: martynova.sumdu@gmail.com

Самохвалов Дмитро Олександрович – провідний інженер-програміст, Сумський державний університет (вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007, Україна).

Самохвалов Дмитрий Александрович – ведущий инженер-программист, Сумский государственный университет (ул. Римского-Корсакова, 2, г. Сумы, 40007, Украина).

Samokhvalov Dmytro – Senior Software Engineer, Sumy State University (2 Rymskogo-Korsakova Str., 40007 Sumy, Ukraine).

E-mail: dmytro.samokhvalov@gmail.com

Семашко Віктор Анатолійович – студент, Сумський державний університет (вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007, Україна).

Семашко Виктор Анатольевич – студент, Сумский государственный университет (ул. Римского-Корсакова, 2, г. Сумы, 40007, Украина).

Semashko Viktor – student, Sumy State University (2 Rymskogo-Korsakova Str., 40007 Sumy, Ukraine).

E-mail: viktor.semashko.0542@gmail.com

Сергій Нестеренко, Андрій Акименко

КВАЛІМЕТРИЧНИЙ ПІДХІД ДО ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ ДОВІРИ ДО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Актуальність теми дослідження. Люди, які приймають рішення, та користувачі складного програмного забезпечення (ПЗ) здебільшого нездатні виносити обґрунтоване судження про його якість і надійність. Практично люди приймають рішення, спираючись на фактор довіри. Тому розробка методів оцінки ступеня довіри до ПЗ актуальна.

Постановка проблеми. Програмне забезпечення та методи його об'єктивного оцінювання є складними. Тому потрібно визначити методи непрямого оцінювання якості ПЗ на підставі факторів довіри, одержати які значно легше.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Багато авторів аналізували феномен довіри, зокрема до технічних систем. Учені згодні з тим, що довіра полягає не в чому іншому, як у прийнятті можливості за дійсність.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Ступінь довіри до технічних систем досі оцінювався якісно, за допомогою словесних описів. Це не дозволяло порівнювати системи за ступенем довіри до них.

Постановка завдання. Для проведення об'єктивної оцінки потрібно формалізувати показники довіри у числовому уявленні й запропонувати спосіб зводити їх до єдиного комплексного показника.

Виклад основного матеріалу. Часткові показники довіри поділяються на функціональні та репутаційні. Функціональними показниками пропонується вважати функціональну придатність ПЗ та його точність. Репутаційними показниками пропонується вважати легальність походження, легальність одержання копії ПЗ, зовнішню сертифікацію та комерційну успішність. У роботі запропоновано метод чисельної оцінки цих показників.

Висновки. Фактор довіри до програмного забезпечення починає відігравати все помітнішу роль при його використанні. Спосіб визначення ступеня довіри до ПЗ є формалізоване визначення кількісних функціональних і репутаційних непрямих показників довіри. Далі можна одержати комплексну оцінку ступеня довіри, а вже на її підставі приймати рішення про можливість використання ПЗ.

Ключові слова: програмне забезпечення; довіра; функціональна придатність; точність; легальність походження; сертифікація; кваліметричний підхід.

Табл.: 2. Бібл.: 10.

Постановка проблеми. Сучасне програмне забезпечення (ПЗ), яке є невід'ємною частиною складних технічних та організаційних систем, за своєю структурною складністю перевищує всі зразки матеріальної культури, будь-коли створеної людством [1; 2]. Унаслідок цього люди, які приймають рішення, та користувачі ПЗ, позбавлені прямої можливості виносити обґрунтоване судження про те, чи можуть вони у своїй професійній діяльності покладатись з допустимим ризиком на результати роботи з ним. Ситуація нагадує використання медичних препаратів – люди здебільшого не знають точно ані хімічного складу ліків, ані точного характеру їх дії на організм хворого, але при захворюваннях все одно вживають їх, покладаючись на авторитетні запевнення лікарів та фармацевтів.

Разом із тим вплив використовуюваного спеціального і загальносистемного ПЗ на результати роботи без перебільшення можна вважати критичним. Збій або некоректна робота ПЗ у складних системах потенційно здатні призвести до значних втрат – як матеріальних, так і людських.

Ураховуючи викладене, при постачанні ПЗ для використання особам, що приймають рішення (ОПР), та користувачам доводиться будувати своє ставлення до використовуюваного ПЗ, спираючись не на точне знання про нього, а на узагальнений категорії довіри.

Проаналізуємо відомі визначення цієї категорії з метою визначення, наскільки допустимо користуватись нею при використанні сутностей навколишнього світу, не повністю зрозумілих у силу їх складності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За визначенням Ф. Ільєсова [3], «довіра – це сукупність уявлень і настроїв суб'єкта, які відбивають:

а) його очікування того, що об'єкт буде реалізовувати деякі функції, які сприяють збільшенню або збереженню ресурсів суб'єкта;

б) проявляються в готовності суб'єкта делегувати об'єкту реалізацію цих функцій. Відповідно, недовіра – це очікування виконання функцій, що призводять до зменшення ресурсів суб'єкта, і це призводить до відмови делегувати об'єкту виконання відповідних функцій».

Як показує подальший аналіз, це визначення можливо прийняти як базове для подальшого визначення показників ступеня довіри до ПЗ.

Енциклопедичний словник Брокгауза і Ефрона визначає довіру як «психічний стан, у силу якого ми покладаємося на думку того, хто здається нам авторитетним, і тому відмовляємося від самостійного дослідження питання, що не може бути нами дослідженим».

Цей тезис підкреслює дуже важливий аспект феномену довіри, а саме: суб'єкт довіри проявляє (або не проявляє її) у ситуації нестачі інформації про об'єкт. До нестачі інформації можуть призвести різні причини: наприклад, недоступність її джерел або складність її одержання внаслідок відсутності у суб'єкта відповідних знань або, часту, необхідного для такого одержання.

У статті [4] робиться спроба обґрунтувати правомірність переносу феномену довіри з людей на об'єкти техніки. У ролі аргументів автори висувують два тези. Перший полягає в тому, що оскільки зразки техніки створювались людьми, то, на наш погляд, довіра до цих людей автоматично транслюється в довіру до створеної техніки. Другий тезис базується на психологічному спостереженні: деякі оператори техніки, особливо складної, іноді поводять себе з нею як із живою людиною – хвалять або сварять її, просять у неї допомоги тощо. І якщо з першим аргументом можна лише деякою мірою погодитись (бо виникає слушне питання – а наскільки користувач довіряє творцям зразка техніки?), то другий тезис треба трактувати лише як цікавий психологічний казус.

У [6] зазначається, що «довіра проявляється у специфічному ставленні суб'єкта до певних об'єктів, пов'язаним із ситуативною, актуальною значимістю та апріорною надійністю (безпекою) об'єкта для суб'єкта».

Тобто проявляти довіру (або недовіру) суб'єкт може тільки щодо значущих для нього об'єктів. Для об'єктів, які знаходяться поза колом інтересів суб'єкта, він не формулює своє ставлення.

Ф. Тенніс [4] пише: «до довіри або недовіри веде не тільки власний, але й чужий досвід, тобто авторитет, репутація особистості, яка або заслуговує довіри, або є сумнівною, тому спілкування з якої вимагає обережності».

Н. Романова в [7] зазначає, що довіру можна трактувати як «почуття або переконання щодо якоїсь особи, що ця людина надійна, на неї можна покласти відносно істинності того, що вона говорить або робить».

Таким чином, можна погодитись з думкою Г. Шпета, який у [8] визначає, що «довіра полягає не в чому іншому, як у прийнятті можливості за дійсність. Вірі завжди протистоїть сумнів як такий або, у принципі, сама загальна можливість сумніву – скептицизм. І віра й скептицизм підлягають не спростуванню, а зображенню. Віра і скептицизм зв'язані між собою нерозривно».

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Наведені вище дані показують, що само по собі явище довіри чи недовіри до визначеного об'єкта виникає в ситуації, яка характеризується:

- а) значущістю об'єкта для суб'єкта. Для об'єктів, які знаходяться поза зоною інтересів суб'єкта, поняття довіри/недовіри втрачають сенс;
- б) недостатністю об'єктивного і повного знання суб'єкта про об'єкт.

З одного боку, оскільки об'єкт (у нашому випадку – програмне забезпечення) є значущим (часто критично), ігнорувати його неможливо, з ним треба якось взаємодіяти.

З другого боку, ПЗ є складною сутністю, для опанування якої потрібні великий час та спеціальні знання, яких, як правило, нема ані у ОНР, ані у користувачів ПЗ. До того ж джерела повної та об'єктивної інформації про ПЗ часто з різних причин або недоступні, та/або мають неосяжно великий обсяг.

Усе це призводить до того, що і ОПР, і користувачі змушені відмовлятися від самостійного дослідження ПЗ і шукати інші шляхи для обґрунтування своїх рішень щодо можливості використання як самого ПЗ, так і результатів його роботи (див. вище посилання на [3] щодо делегування програмному забезпеченню виконання певних критичних функцій).

Проблема визначення ставлення користувачів до ПЗ ускладнюється ще й тим, що згадані автори у своєму аналізі знаходяться в парадигмі емоційно-психологічних оцінок і не наводять ніяких шляхів до розвитку їх поглядів до визначення хоча б приблизних кількісних показників ступеня довіри, що дозволило б більш об'єктивно порівнювати різні програмні продукти в умовах їх конкурентної боротьби.

Мета статті. Головними цілями цієї роботи є, по-перше, визначення переліку показників, які впливають на визначення ступеня довіри до ПЗ і, по-друге, за допомогою кваліметричного підходу надати алгоритмічні основи для чисельного визначення згаданого ступеня довіри.

Виклад основного матеріалу. Першим очевидним шляхом вирішення цієї проблеми видається апеляція до авторитетів – фізичних або юридичних осіб, яким довіряють ОПР та користувачі і які висловлюють певні думки про ПЗ. Якщо авторитет характеризує ПЗ позитивно, ОПР і користувачі вважають за можливе довіряти ПЗ і використовувати його у своїй роботі.

На нашу думку, цей підхід хоча і допустимий, але дещо спрощений. Нижче будуть розглянуті додаткові критерії, які дозволять більш чітко й обґрунтовано підійти до оцінки довіри до ПЗ.

Перший додатковий аспект, який слід розглянути, – це те, що ПЗ як комерційний продукт має певні особливості, які відрізняють його від інших груп продуктів матеріального виробництва і які можуть впливати на рівень довіри до нього як у позитивному, так й у негативному плані. Перелік цих ознак з їх характеристикою наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Специфічні ознаки програмного забезпечення як товару

Ознака	Вплив на ступінь довіри до ПЗ
Відсутність фізичного старіння та зносу у процесі використання	підвищує
При розповсюдженні ПЗ не діє закон збереження (копія ПЗ створюється, прототип не втрачається)	підвищує
Надто легко може бути змінено простим редагуванням текстів Наслідок: поява зайвої множини версій того самого ПЗ, які важко відрізнити одну від одної	знижує
Структурна складність і великий обсяг даних Наслідок: неочевидність факту внесення змін у ПЗ, важкість відслідковування наслідків змін	знижує

Наведені ознаки показують, що під час визначення ступеня довіри до ПЗ покладатись тільки на думку авторитетів недостатньо. Потрібні додаткові критерії, виклад яких наводиться нижче. Визначення цих критеріїв пропонується робити у числовій формі, що відповідає [10] сучасним поглядам, які одержали назву «кваліметричні» та добре зарекомендували себе в різних галузях техніки та економіки.

Функціональні показники довіри до ПЗ

Коли користувач використовує ПЗ, то він перекладає на нього частину своїх функціональних обов'язків і очікує, що результати роботи ПЗ будуть правильними (точними, релевантними), своєчасними і можуть бути використані з користю для вирішуваної проблеми. Якщо названі поняття зіставити зі змістом нормативних документів [9], які визначають вимоги до ПЗ, то стає очевидно, що йдеться не про що інше, як про показники якості програмного забезпечення.

Тобто раціональний висновок полягає в тому, що довіра проявляється здебільшого до якісних об'єктів.

Стандарт [9] визначає достатню кількість показників якості програмного забезпечення, але не всі вони однаково важливі для визначення ступеня довіри до ПЗ. Як вказувалося вище, феномен довіри проявляється в ситуації недостатньої інформованості користувача відносно продукту. Тож ті показники якості, які проявляють себе явним чином, не підвищують і не знижують рівня довіри. Наприклад, показник «зручність використання» проявляється для користувача безпосередньо у процесі взаємодії з ПЗ. Але інші показники можуть бути проявами прихованих можливостей ПЗ, визначення яких провадиться лише спеціальними попередніми тестуваннями та дослідженнями ПЗ. Отже, користувач, маючи інформацію про те, що подібний показник якості був коректно визначений і має прийнятне значення, має підставу довіряти ПЗ у частині, яка відповідає цьому показнику.

Показники довіри до ПЗ, які є наслідком наявності у нього певних показників якості, назовемо **функціональними**.

Перегляд та аналіз змісту показників якості ПЗ з [9] показує, що на ступінь довіри до ПЗ впливають:

- а) досягнутий рівень функціональної придатності;
- б) потрібна точність одержуваних числових результатів.

Функціональна придатність є інтегральним показником, який відображає [9] «здатність програмного продукту надавати відповідний набір функцій для специфікованих завдань і цільових показників користувача». Як показує досвід, багато складових функціональної придатності є прихованими від користувача у процесі роботи з ПЗ (наприклад, коректність використання вбудованих у ПЗ баз даних), таким чином, знання про визначений заздалегідь рівень функціональної придатності дають підставу збільшувати рівень довіри до ПЗ.

Точність перевіряється зіставленням числових значень результатів роботи ПЗ із достовірними значеннями тих самих параметрів, одержаних зовнішніми (відносно ПЗ) способами. Подібні тестування повинні проводитися при підготовці ПЗ до передачі користувачам/замовникам у певних умовах. Знання користувача про визначений заздалегідь прийнятний рівень точності ПЗ дає підставу збільшувати рівень довіри до нього.

Репутаційні показники довіри до ПЗ

З розглянутих вище аспектів феномену довіри зрозуміло, що важливим для суб'єкта є ставлення авторитетів до об'єкта довіри. Відносно програмного забезпечення можна сформулювати критерії, які впливають на рівень довіри і які відображають порядок і шлях реалізації початкових фаз життєвого циклу ПЗ: створення, реклама і постачання клієнтурі. Оскільки ці показники базуються на суспільно доступних відомостях, що супроводжують факт створення ПЗ, його використання і сформоване таким чином ставлення до нього, то раціонально цю групу критеріїв довіри назвати **репутаційними**. Розглянемо їх докладніше.

Легальність походження ПЗ. Програмне забезпечення, якому довіряють, повинно мати офіційно відомого розробника (автора), який гарантує відповідність розробленого ним ПЗ певним попереднім вимогам (стандартам якості, технічному завданню на розробку, специфікації тощо). Розробник ПЗ повинен офіційно поставляти його відповідно до визначеної ліцензії, де визначаються права й обов'язки як його, так і користувачів ПЗ (комерційна угода купівлі-продажу, ліцензія GNU GPL тощо).

Той факт, що ПЗ є невідомого походження, за яке ніхто офіційно не несе відповідальності, знижує довіру до нього.

Легальність одержання користувачем копії ПЗ. Користувач повинен одержати робочу копію ПЗ таким способом, який гарантує відсутність несанкціонованого втручання в його функціональність. Це означає, в тому числі, відсутність вірусного зараження в кодї ПЗ.

Копія ПЗ може бути придбана у постачальника (вендора), а може бути одержана безкоштовно з Інтернету, але в цьому випадку відповідальність за коректність одержаного ПЗ перекладається на власників інтернет-ресурсу, який розповсюджує ПЗ.

ПЗ, одержане з інтернет-ресурсу, який не бере на себе відповідальність за надане забезпечення, не може користуватись повним рівнем довіри.

Наявність зовнішньої сертифікації. Відповідальні розробники (постачальники) ПЗ не уникають того, щоб висока якість їхніх програмних продуктів була підтверджена зовнішньою сертифікацією. Наявність у ПЗ сертифікатів, виданих незалежними особами, є фактором підвищення довіри до програм, відсутність їх знижує ступінь довіри до ПЗ.

Важливим фактором, який підвищує цінність сертифікації ПЗ, є врахування в ній оцінки рівня виконання програмного проекту у розробника ПЗ. Для підвищення рівня довіри до результатів розробки свого ПЗ розробники можуть (але, як правило, не зобов'язані) надати доступ до робочих проектних документів, за якими створювалось і тестувалось оцінюване ПЗ.

Конкурентна успішність ПЗ. Цей показник може бути визначений на підставі опублікованих відомостей про обсяги продаж (у грошовому та фізичному представленні) оцінюваного ПЗ у порівнянні з такими показниками для конкуруючих програм.

ПЗ, яке поширюється у великій кількості примірників, заслуговує більшої довіри, ніж те, яке реалізується мало.

З викладеного вище витікає такий перелік показників довіри до ПЗ (табл. 2).

Таблиця 2

Показники довіри до ПЗ та їх параметри

Найменування	Позначення	Вага*)	Фактор врахування**)	Визначення показника довіри
Функціональна придатність	d_1	g_1	f_1	Згідно з ДСТУ ISO/IEC 9126-3: Програмна інженерія. Якість продукту. Частина 3. Метрики внутрішньої якості
Точність	d_2	g_2	f_2	Згідно з ДСТУ ISO/IEC 9126-3: Програмна інженерія. Якість продукту. Частина 3. Метрики внутрішньої якості
Легальність походження	d_3	g_3	f_3	1 – якщо походження легальне; 0 – якщо походження невідоме
Легальність одержання	d_4	g_4	f_4	1 – якщо спосіб одержання легальний; 0 – якщо спосіб одержання невідомий
Зовнішня сертифікація	d_5	g_5	f_5	1 – якщо сертифікат є; 0 – якщо сертифікату немає
Конкурентна успішність	d_6	g_6	f_6	Експертна оцінка в діапазоні 0...1

* ваговий коефіцієнт відображає частку, яку він вносить у величину загальної оцінки. Ці коефіцієнти g_i визначаються за кваліметричною методикою [10] шляхом визначення експертної оцінки від організації, яка використовує ПЗ чи оцінює ступінь довіри до нього. Сума вагових коефіцієнтів має дорівнювати 1.

** фактор врахування f_i приймається 1, якщо показник довіри оцінюється і враховується. Його значення приймається 0, якщо значення показника невідоме або його неможливо визначити.

Зведення цих часткових показників в єдиний комплексний показник довіри D раціонально [9] також виконувати кваліметричним методом підрахування зваженої суми:

$$D = \sum_{i=1}^6 d_i g_i f_i . \quad (1)$$

Слід враховувати випадок, коли частина показників може бути невизначеною (наприклад, d_6). У такій ситуації треба вводити додатковий показник повноти оцінювання P :

$$P = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 f_i . \quad (2)$$

У формулі (1) невраховані показники довіри не впливають на кінцевий результат, оскільки фактор врахування f_i для них має нульове значення. Але тоді для оцінювання ступеня довіри до ПЗ треба розглядати або разом пару значень D та P , або конструювати наведений показник довіри до ПЗ:

$$D^* = D \cdot P. \quad (3)$$

Висновки і пропозиції.

1. Фактор довіри до програмного забезпечення починає відігравати все помітнішу роль при його використанні у зв'язку з постійною тенденцією ускладнення останнього. Це призводить до того, що у користувачів формується ситуація неповного знання про ПЗ і його показники. Цілком природно, що користувачі починають шукати інші шляхи обґрунтування власних рішень щодо можливості використання ПЗ і правдивості результатів його роботи.

2. Шляхом визначення ступеня довіри до ПЗ є формалізоване визначення кількісних функціональних і репутаційних непрямих показників довіри, одержати які значно легше, аніж повне знання про оцінюване ПЗ. Спираючись на значення цих часткових показників, можна одержати комплексну оцінку ступеня довіри за формулами (1), (2) та (3), а вже на її підставі приймати рішення про можливість використання або невикористання ПЗ у практичній діяльності.

3. Використання чисельних показників довіри до ПЗ і поширення цієї практики серед ОПР та користувачів повинно впливати на конкурентоспроможність програмних продуктів. Це повинно привести до підвищення відповідальності виробників та постачальників ПЗ, які почнуть приділяти більше уваги збільшенню факторів, які задіяні у визначенні ступеня довіри до ПЗ.

Список використаних джерел

1. Дейкстра Э. Дисциплина программирования / Э. Дейкстра. – М. : Мир, 1978. – 277 с.
2. Боэм Б. У. Инженерное проектирование программного обеспечения / Б. У. Боэм. – М. : Радио и связь, 1985. – 511 с.
3. Ильясов Ф. Н. Типы шкал и анализ распределений в социологии / Ф. Н. Ильясов // Мониторинг общественного мнения: экономические и социальные перемены. – 2014. – № 4. – С. 34.
4. Обознов А. А. Доверие человека технике как фактор надежности профессиональной деятельности / А. А. Обознов, А. Ю. Акимова // Знание. Понимание. Умение. – 2013. – № 2. – С. 225–231.
5. Большой психологический словарь. – М. : АСТ, 2008. – 860 с.
6. Психологический лексикон. Энциклопедический словарь в шести томах. Том: 1 / ред.-сост. Л. А. Карпенко ; под общ. ред. А. В. Петровского. – М. : ПЕР СЭ, 2005.
7. Романова Н. Тысяча состояний души. Краткий психолого-филологический словарь / Н. Романова, А. Филиппов, Т. Летягова. – М. : Флинта, Наука, 2017. – 594 с.
8. Шпет Г. Г. Введение в этническую психологию / Г. Г. Шпет. – СПб. : П.Э.Т., 1996. – 160 с.
9. ДСТУ ІСО 9126-1:2013 Програмна інженерія – Якість продукту – Частина 1. Модель якості.
10. Райхман Э. П. Экспертные методы в оценке качества товаров / Э. П. Райхман, Г. Г. Азгальдов. – М. : Экономика, 1974. – 151 с.

References

1. Dijkstra, E. (1978). *Distsiplina programmirovaniia [A discipline of programming]*. Moscow: Mir (in Russian).
2. Boem, B.U. (1985). *Inzhenernoe proektirovanie programmnoho obespecheniia [Engineering design of software]*. Moscow: Radio i sviaz (in Russian).

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

3. Iliasov, F.N. (2014). *Tipy shkal i analiz raspredelenii v sotsiologii* [Scale Types and Analysis of Distributions in Sociology]. *Monitoring obshchestvennogo mneniia ekonomicheskie i sotsialnye peremeny – Monitoring of public opinion: economic and social changes*, no. 4, p. 34 (in Russian).
4. Oboznov, A.A., Akimova, A.Y. (2013). *Doverie cheloveka tekhnike kak faktor nadezhnosti professionalnoi deiatelnosti* [The person's confidence in technology as a factor in the professional activity's reliability]. *Znanie. Ponimanie. Umenie – Knowledge. Understanding. Skills*, no. 2, pp. 225–231 (in Russian).
5. *Bolshoi psikhologicheskii slovar* [The Large Psychological Dictionary] (2008). Moscow: ACT (in Russian).
6. Karpenko, L.A. & Petrovskii, A.V. (eds.) (2005). *Psikhologicheskii leksikon. Entsiklopedicheskii slovar v shesti tomakh* [Psychological lexicon. Encyclopaedic dictionary in six volumes]. Vol. 1. Moscow: PER SE (in Russian).
7. Romanova, N., Filippov, A., Letiagova, T. (2017). *Tysiacha sostoianii dushi. Kratkii psikhologo-filologicheskii slovar* [Thousand states of the soul. Brief psychological and philological dictionary]. Moscow: Flinta, Nauka (in Russian).
8. Shpet, G.G. (1996). *Vvedenie v etnicheskuiu psikhologiiu* [Introduction to ethnic psychology]. St. Petersburg: PET (in Russian).
9. DSTU ISO/IEC 9126-1:2013. *Prohramna inzheneriia – Yakist produktu – Chastyna 1. Model yakosti* [Software engineering – Product quality – Part 1: Quality model] (in Ukrainian).
10. Raikhman, E.P., Azgaldov, G.G. (1974). *Ekspertnye metody v otsenke kachestva tovarov* [Expert methods in assessing the quality of goods]. Moscow: Economics (in Russian).

UDC 004.418

Sergii Nesterenko, Andrii Akymenko

QUALIMETRIC APPROACH TO DETERMINING THE DEGREE OF SOFTWARE CONFIDENCE

Urgency of the research. People who deal with complex software (SW) mostly are not able to make a well-founded judgment about its quality and reliability. Practically people make decisions based on the factor of trust. Therefore, the development of methods for evaluating the degree of trust for software is relevant.

Target setting. The software and methods for its objective evaluation are complex. Therefore, it is necessary to determine the methods of indirect evaluation of software quality based on the factors of trust, which is much easier to obtain.

Actual scientific researches and issues analysis. Many authors analyzed the phenomenon of trust, in particular concerning technical systems. Scientists agree that trust is nothing more than an acceptance the opportunity as reality.

Uninvestigated parts of general matters defining. The degree of trust for technical systems is still evaluated qualitatively, with the help of verbal descriptions. It did not allow comparing the systems with accordance the degree of trust in them.

The research objective. To carry out an objective assessment, it is necessary to formalize the indicators of trust in numerical representation and to offer a way to combine them into a single integrated indicator.

The statement of basic materials. Partial indicators of trust may be separated into functional and reputational groups of ones. As the functional indicators the software functional worthiness and its accuracy are suggested to be considered. As reputational indicators the legal origin, the legality of obtaining a copy of the software, external certification and commercial success are suggested to be considered. The paper proposes a method for numerical evaluation of these indicators.

Conclusions. Factor of trust for the software begins to play a more significant role in its use. The formalized definition of primary quantitative functional and reputational indirect indicators of trust is the way to defining the degree of trust for the software. Then you can get a generalized evaluation of the trust degree, and on its basis, make decisions about the possibility of using the software.

Key words: software; confidence; functional suitability; accuracy; legality of origin; certification; qualimetric approach. Tabl.: 2. Bibl.: 10.

УДК 004.418

Сергей Нестеренко, Андрей Акименко

КВАЛИМЕТРИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ СТЕПЕНИ ДОВЕРИЯ ПРОГРАММНОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ

Современное программное обеспечение (ПО), которое является неотъемлемой частью сложных технических и организационных систем, по своей структурной сложности превышает все образцы материальной культуры, когда-либо созданной человечеством. ПО является сложной сущностью, для овладения которой нужны большое время и специальные знания. Этих ресурсов, как правило, нет ни у лиц, которые принимают решение (ЛПР), ни у пользователей ПО. Вдобавок, источники полной и объективной информации про ПО или недоступны пользователям,

и/или имеют необъятный размер. Вследствие этого ЛПР и пользователи лишены прямой возможности выносить обоснованное суждение о том, могут ли они в своей профессиональной деятельности полагаться с допустимым риском на результаты работы с ним. Все это приводит к тому, что люди вынуждены отказываться от самостоятельного исследования ПО и искать другие пути для обоснования своих решений относительно возможности использования как его самого, так и результатов работы с ним.

Учитывая изложенное, ЛПР и пользователям при практическом использовании ПО приходится строить свое отношение к используемому ПО, опираясь не на точное знание о нем, а на обобщенной категории доверия.

Само по себе явление доверия или недоверия к определенному объекту возникает у субъекта в ситуации, которая характеризуется:

а) значимостью объекта для субъекта. Для объектов, которые находятся вне зоны интересов субъекта, понятия доверия/недоверия теряют смысл;

б) недостаточностью объективного и полного знания субъекта об объекте.

Предлагается использовать в качестве частичных показателей доверия к ПО: достаточный уровень функциональной пригодности, приемлемую точность числовых результатов, легальность происхождения, легальность получения, наличие внешней сертификации и конкурентную успешность.

Для получения комплексной оценки степени доверия к ПО на базе приведенных выше частичных показателей предлагается использовать кваліметрический подход.

Ключевые слова: программное обеспечение; доверие; функциональная пригодность; точность; легальность происхождения; сертификация; кваліметрический подход.

Табл.: 2. Библ.: 10.

Нестеренко Сергій Олександрович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інформаційних та комп'ютерних систем, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

Нестеренко Сергей Александрович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры информационных и компьютерных систем, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

Nesterenko Sergii – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Information and Computer Systems Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: nesterenkosa@stu.cn.ua

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4721-6883>

ResearcherID: F-5825-2014

Акименко Андрій Миколайович – кандидат фізико-математичних наук, доцент, професор кафедри інформаційних систем в економіці, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

Акименко Андрей Николаевич – кандидат физико-математических наук, доцент, профессор кафедры информационных систем в экономике, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

Akyumenko Andrii – PhD in Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Professor of the Information Systems in Economics Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: anakim2@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4594-6559>

ResearcherID: J-1017-2016

Scopus Author ID: 25027136900

Олег Житник, Ірина Бальченко

СТРУКТУРНІ МОДЕЛІ ЗАСОБІВ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ДЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ В ГАЛУЗІ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

Актуальність теми дослідження. Завдяки бурхливому розвитку інформаційні технології все більше знаходять своє практичне значення в багатьох сферах, серед яких сільське господарство. Агропідприємства зацікавлені у підвищенні показників своїх врожайів, але для цього необхідно постійно слідкувати за станом посівів та оперативно реагувати на несприятливі чинники. Оскільки їхні земельні площі є достатньо великими за своїми розмірами, то раціонально залучити до технологічного процесу засоби дистанційного зондування, які б забезпечили аграріїв своєчасним збором даних для визначення стану сільськогосподарських культур.

Постановка проблеми. Існують різні підходи для проведення процесу дистанційного зондування. За наземними об'єктами можна слідкувати на космічному, повітряному чи наземному рівнях. Тому постає завдання вирішити, який саме рівень є найбільш відповідним для проведення досліджень стану сільськогосподарських культур на полях агробізнесу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогодні тема дистанційного зондування є досить популярною, зокрема тема його використання для сільськогосподарських цілей. Нею займаються як зарубіжні вчені, так і вітчизняні науковці, значущість робіт яких важко недооцінити.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Нині постає завдання для розгляду та обґрунтування, дані якого рівня досліджень дистанційного зондування є відповідними для визначення експертом чи експертною системою уражень культурних рослин на полях.

Постановка завдання. Необхідно розглянути три рівні досліджень – космічний, повітряний та наземний – та обрати найбільш відповідний підхід для проведення моніторингу стану сільськогосподарських культур з метою подальшого аналізу та виявлення їхніх уражень.

Виклад основного матеріалу. Дистанційне зондування на рівні космічних досліджень хоча і дозволяє отримати зображення полів, але просторова роздільна здатність сучасних оптико-електронних систем, встановлених на них, та дорожнеча знімків не сприяють їхньому залученню до моніторингу земельних ділянок полів. Натомість знімки, зроблені на повітряному рівні, є більш практичним підходом для агробізнесу, але й вони не позбавлені недоліків. У свою чергу, наземні дослідження є найбільш точним способом визначити ураження культурних рослин на полях, але такий підхід є досить трудомістким та неоперативним, що також змушує шукати інші варіанти.

Висновки. Розглянувши усі рівні досліджень полів, жоден з них не виявився однозначно кращим, але при комбінації повітряного та наземного рівня результати спостережень за полями мають бути найбільш точними та ефективними.

Ключові слова: дистанційне зондування; аерокосмічна зйомка; аерофотозйомка; безпілотні літальні апарати; сканування; розпізнавання образів; точне землеробство.

Рис.: 2. Бібл.: 8.

Постановка проблеми. На сьогодні сільське господарство в Україні продовжує активно розвиватись, зокрема це також стосується галузі рослинництва. Історично так склалося, що усі успіхи і визначні результати у цій сфері досягалися за рахунок екстенсивного [1] господарювання. Такий підхід є неприйнятним для країни, яка має досить потужні запаси родючих земель. Більш ефективним бачиться шлях з інтенсивним веденням сільськогосподарських справ. У такому випадку аграрії змогли б із менших орних площ збирати більшу кількість урожаю. Це б призвело до зростання рентабельності агробізнесу переважно за рахунок меншої кількості витрат на паливо для сільськогосподарської техніки, води для поливу та зрошення полів, а також добрива та пестициди для забезпечення підтримки посівів у нормальному для них стані – що стосується витрат, та більшої врожайності полів – з позиції здобутків.

Також слід враховувати, що поля є великими за площею ділянками землі, тому для них часто характерна неоднорідність. Для кожної ділянки поля можуть бути свої нормальні умови, які не є максимально прийнятними для іншої ділянки поля, і якщо застосувати ідентичні агротехнічні заходи щодо всього поля, то не завжди на кожній ділянці поля результати його проведення будуть однаковими. Також, поле можна вважати неоднорідним з огляду на те, що будь-який негативний прояв (хвороби, шкідники, бур'яни і т. ін.) мають свою зону поширення в межах полів і тому підхід до кожної ділянки варто розглядати окремо.

Ці всі вищезгадані причини призвели до того, що утворився такий напрям у рослинництві, як точне землеробство. Ключовими особливостями його є відстеження стану земельних ділянок у межах одного поля та індивідуальний підхід до кожної з них.

Такий підхід, у свою чергу, приводить до ефективного вирощування сільськогосподарських культур, оскільки вчасна та відповідна реакція на дію негативних чинників сприяє збереженню посівів та підтримці їх у належному стані.

Натомість моніторинг за кожною ділянкою поля, особливо який потребує великої частоти спостережень, є досить трудомістким процесом. Для такого підходу знадобився б достатньо дієвий у таких умовах засіб, який би міг забезпечити швидке та своєчасне спостереження за сільськогосподарськими насадженнями середніх та великих площ. З розвитком технологій на сьогодні наука та техніка пропонує для цього використання методів дистанційного зондування. При цьому користувач зміг би за допомогою спеціального програмного забезпечення та фотокамери, якою обладнаний, наприклад, космічний літальний апарат, безконтактно відслідковувати з висоти стан його сільськогосподарських угідь.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дистанційне зондування хоча і не є новою технологією, але за останній час отримало нові відчутні витки свого розвитку. Воно на сьогодні часто застосовується на практиці, наприклад, для відстеження рельєфу морського дна, пошуку в надрах корисних копалин, моніторингу розповсюдження результатів дії стихійних явищ, таких як лісові пожежі, повені та багато інших цілей. Дистанційне зондування активно висвітлюється як у зарубіжній літературі, так і в українській. Серед них роботи з дослідження використання цього підходу в сільському господарстві можна зустріти у таких вітчизняних науковців, як В. І. Лялько [2], В. Кравчук [3] та ін. та зарубіжних – Д. Д. Мулла [4], С. К. Сілан [5] тощо. У праці [6] А. А. Воробйова зазначає, що дистанційне зондування може проводитися з використанням різних засобів – космічних апаратів та супутників, безпілотних та пілотних літальних апаратів, а також спеціальних веж та подібних наземних споруд. Таким чином, вона виділяє відповідно три рівні проведення віддаленого спостереження – космічний, повітряний та наземний. У подальшому будемо розглядати доцільність використання цих рівнів у галузі сільського господарства.

Мета статті. У статті пропонується дослідити усі існуючі рівні дистанційного зондування для виділення найбільш відповідного підходу для забезпечення моніторингу за станом сільськогосподарських культур у галузі рослинництва.

Застосування дистанційного зондування в сільському господарстві на рівні космічних досліджень. Навколо Землі літає безліч штучних супутників, які належать космічним агентствам різних країн. Всі вони мають певну мету і виконують певну роботу. Одні космічні апарати забезпечують користувачів GPS-навігацією, інші – ретранслюють радіосигнали для підтримки зв'язку. Є серед них і такі, що слідкують за поверхнею Землі. Вони оснащені спеціальним оптичним чи оптико-електронним обладнанням, яке дозволяє спостерігати за поверхнею материків та океану. Нині найвідомішими представниками таких штучних супутників є космічні апарати серії Landsat та SPOT. Ще десятиліття тому важко було уявити, що з такої висоти можна отримати досить детальне зображення поверхні планети, але на сьогодні це вже можливо – такі супутники космічних програм, як Pleiades, GeoEye, WorldView здатні отримувати зображення з простою роздільною здатністю аж до частин метра [7].

Структурна модель проведення дистанційного зондування космічного рівня представлена на рис. 1.

Таким чином, для того щоб зафіксувати зображення з поверхні Землі оптико-електронною системою орбітального штучного супутника, необхідно, щоб ділянка, яка сканується, була освітленою. Це потрібно для того, щоб під час проведення пасивного дистанційного зондування супутник міг зафіксувати електромагнітне випромінювання з поверхні Землі. Сонце є прекрасним джерелом електромагнітного випромінювання. Саме тому на космічних знімках територій поверхні Землі завжди світла пора доби.



Рис. 1. Структурна модель використання дистанційного зондування на космічному рівні

Іноді постає завдання, щоб відзняти певну площу поверхні Землі вночі, тобто коли вона не є освітленою, або ж коли певна територія більшу частину часу перебуває під густим покривом хмар, або коли взагалі справджуються обидві умови. У такому разі використовується активне дистанційне зондування. За таких умов джерелом електромагнітного випромінювання є вже сам супутник реєстрації картинки з поверхні Землі. Він має бути оснащений активною оптико-електронною системою і для того, щоб зробити знімок певної ділянки, супутник має виконати дії на кшталт ехолота. Штучний космічний апарат має відправити сигнал, який сягне поверхні Землі. Після того, як він відіб'ється від її поверхні, супутник зареєструє відбите випромінювання і таким чином отримає дані про зображення об'єктів на ній.

Після того як штучний супутник зробив знімок, він його може записати собі у постійну пам'ять, що може знаходитися у нього на борту, але зазвичай він відправляє його по радіоканалу на наземну станцію. Врешті-решт, фахівці, отримавши цей знімок, можуть одразу дослідити наявні на зображенні об'єкти або ж за допомогою спеціального програмного забезпечення дослідити його після доопрацювання.

Хоча на сьогодні й існують супутники, що здатні фіксувати знімки поверхні Землі з досить значною просторовою роздільною здатністю, але, по-перше, така величина цього параметра дозволить досліджувати лише досить великі ділянки полів, а по-друге, вони є платними і досить недешевими, тому навряд чи такий підхід зможе використати агропідприємство.

Застосування дистанційного зондування в сільському господарстві на рівні повітряних досліджень. Дистанційне зондування на повітряному рівні являє собою систему, в якій головним елементом є літальний апарат зі знімальною камерою. Нині активно використовуються саме безпілотні літальні апарати, оскільки вони не потребують багато ресурсів в порівнянні з пілотними. Останні доцільніше використовувати за несприятливих для безпілотних літальних апаратів умов, але вони є порівняно досить ресурсоемними, тому відчутно програють позиції своєму конкуренту.

Безпілотні літальні апарати є зручним вирішенням зйомки локальних територій з невеликої висоти. Вони можуть управлятися як за допомогою дистанційного пульта керування, так і бути заздалегідь запрограмованими. Надійним підходом є використання комбінації цих способів управління безпілотним літальним апаратом [8].

Принцип дії може не відрізнятися від представленого на рис. 1, крім того, що замість космічного апарату буде літальний засіб, але може й відрізнятися (рис. 2). У такому випадку безпілотний літальний апарат записує усі відзняті дані та може не передавати їх по радіоканалу на наземну станцію, а користувач сам їх потім вилучить після того, як засіб повернеться назад, щоб дослідити їх одразу або ж після комп'ютерного доопрацювання.

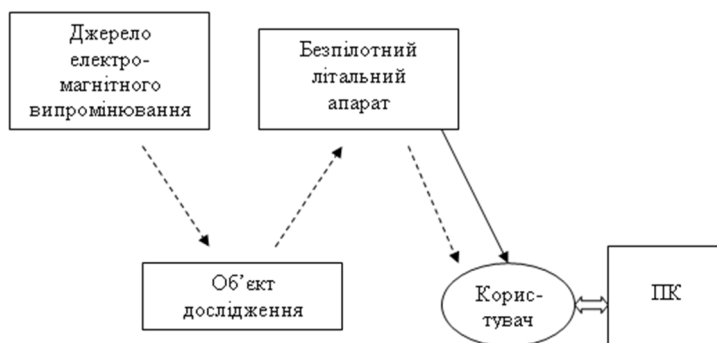


Рис. 2. Структурна модель використання дистанційного зондування на повітряному рівні

Розглянутий підхід для аграріїв є більш прийнятним, ніж з використанням космічної зйомки. Це пов'язано передусім з тим, що за допомогою такого способу можна проводити моніторинг як великих полів, так і полів середніх та малих розмірів. Також на протигагу космічним знімкам користувач вже може отримувати дані про більш детальні об'єкти на зображенні, бо зйомка проводиться з відносно невеликої висоти і властивості знімків обмежуються лише параметрами камери, розміщеної на борту. До того ж користувач може сам вирішувати, за яким графіком застосовувати спостереження, яким чином управляти літальним апаратом та яку саме ділянку відзняти. До недоліків такого способу можна віднести хіба що неможливість проведення зйомки в екстремальних погодних умовах та невеликий захват площі за один знімок, що може стати навіть перевагою перед підходом рівня космічних досліджень для відповідних цілей.

Застосування досліджень у сільському господарстві на рівні наземних досліджень. Розглянувши використання літальних апаратів для дистанційного зондування, можна зробити висновок, що вони поки що є найбільш вдалим варіантом використання для моніторингу стану сільськогосподарських культур, але знімки, зроблені за їх допомогою, не завжди можуть бути чіткими попри систему стабілізації, а самі об'єкти на зображенні не завжди можуть бути однозначно визначені. Тому для таких випадків доцільно розглянути наземний рівень досліджень стану культурних посівів.

Такі дослідження полягають у тому, що експерт сам або за допомогою пересувної лабораторії визначає стан сільськогосподарських культур прямо на місці, куди він прибув, але очевидно, що такі дослідження хоча і є найбільш точними серед згаданих, але таким чином важко охопити більшість земельних ділянок поля для дослідження.

Саме для цього пропонується об'єднати дослідження даних двох різних рівнів в одне комплексне, двофакторне дослідження, під час якого експерт зміг би спочатку оцінити стан ділянок поля загалом на основі даних дистанційного зондування повітряного рівня, а якщо будуть виявлені уражені ділянки полів чи такі ділянки, які важко однозначно трактувати, то він може провести експертизу вже на місці за допомогою наземних досліджень.

Таким чином, двофакторна перевірка даних має позитивно вплинути на точність визначення стану сільськогосподарських рослин, забезпечити використання найсильніших сторін кожного з методів дослідження та нівелювати слабкі сторони кожної з них.

Висновки та пропозиції. Проаналізувавши усі три рівні дослідження можна зробити висновок, що жоден з вищеписаних не є найбільш підходящим способом визначати стан культурних рослин на ділянках полів. Усі підходи мають свої переваги та недоліки. Проаналізувавши усі сильні та слабкі сторони кожного методу дослідження можна зробити висновок, що найбільш оптимальним вирішенням проблеми може бути дослідження, яке включає в себе аналіз даних, зроблених на різних рівнях. Оцінивши усі три підходи, можна сказати, що найбільш підходящими для цього є дані, зібрані на повітряному та наземному рівнях, оскільки при використанні їх у комбінації вони дають достатньо точні й ефективні результати в порівнянні з використанням інших варіантів комбінацій чи кожного варіанта досліджень стану сільськогосподарських культур окремо.

Список використаних джерел

1. Шиян В. Й. Інтенсивні та екстенсивні фактори розвитку сільськогосподарського виробництва / В. Й. Шиян, Д. В. Шиян // *Нова економічна парадигма формування стратегії національної продовольчої безпеки України у XXI ст.* – К. : ІАЕ УААН, 2001. – С. 563–566.
2. Лялько В. І. Стан та перспективи розвитку дистанційних методів дослідження Землі в Україні / В. І. Лялько, М. О. Попов // *Геол. журн.* – 2011. – № 1. – С. 50–58.
3. Кравчук В. Моніторинг росту та прогнозування врожайності сільськогосподарських культур. Проект Марс / В. Кравчук, О. Ковтуненко // *Техніка і технології АПК.* – 2010. – № 7 (10). – С. 16–21.
4. Mulla D. J. Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gap / D. J. Mulla // *Biosys.* – 2013. – № 114. – Pp. 358–371.
5. Remote sensing applications for precision agriculture: A learning community approach / S. K. Seelan, S. Laguette, G. M. Casady, G. A. Seielstad // *Environment.* – 2003. – № 88 (1). – Pp. 157–169.
6. Воробьева А. А. Дистанционное зондирование Земли / А. А. Воробьева. – СПб. : СПбУ ИТМО, 2012. – 168 с.
7. Литвинов В. В. Порівняльний аналіз засобів космічної зйомки з різною просторовою роздільною здатністю / В. В. Литвинов, О. Е. Житник // *Технічні науки та технології.* – 2017. – № 1 (7). – С. 106–115.
8. Акименко А. М. UML-модель системи управління безпілотним авіаційним комплексом / А. М. Акименко, С. О. Нестеренко // *Технічні науки та технології.* – 2017. – № 1 (7). – С. 116–124.

References

1. Shyian, V.I., Shyian, D.V. (2001). Intensive and extensive factors in the development of agricultural production. *Nova ekonomichna paradygma formuvannia stratehii natsionalnoi prodovolchoi bezpeky Ukrainy u XXI st.* – A new economic paradigm for shaping the national food security strategy of Ukraine in the XXI century. Kyiv: IAE UAAS, pp. 563–566 (in Ukrainian).
2. Lialko, V.I., Popov, M.O. (2011). Stan ta perspektyvy rozvytku dystantsiinykh metodiv doslidzhennia zemli v Ukraini [The state and prospects of the development of remote methods for the study of the Earth in Ukraine]. *Heolohichniy zhurnal – Geology journal*, № 1, pp. 50–58 (in Ukrainian).
3. Kravchuk, V., Kovtunencko, O. (2010). Monitorynh rostu ta prognozuvannia vrozhaivosti silskohospodarskykh kultur. Proekt Mars [Monitoring of growth and forecasting of crop yields. Mars project]. *Tekhnika ta tekhnologii APK – Technics and Technologies of AIC*, № 7 (10), pp. 16–21 (in Ukrainian).
4. Mulla, D.J. (2013). Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gap. *Biosys*, № 114, pp. 358–371.
5. Seelan, S.K., Laguette, S., Casady, G.M., Seielstad, G.A. (2003). Remote sensing applications for precision agriculture: A learning community approach. *Environment*, № 88 (1), pp. 157–169.
6. Vorobeveva, A.A. (2012). *Distantcionnoe zondirovanie Zemli [Remote Sensing]*. St. Petersburg: SPbU ITMO (in Russian).
7. Lytvynov, V.V., Zhytnyk, O.E. (2017). Porivnialnyi analiz zasobiv kosmichnoi ziomky z riznoiou prostoroivoiu rozdilnoiou zdatnistiu [Comparative analysis of different spatial resolution satellite with different imagery means]. *Tekhnichni nauky ta tekhnologii – Technical sciences and technologies*, № 1 (7), pp. 106–115 (in Ukrainian).
8. Akymenko, A.M., Nesterenko, S.O. (2017). UML-model systemy upravlinnia bezpilotnym avia-tsiinym kompleksom [UML-model control system unmanned aircraft systems]. *Tekhnichni nauky ta tekhnologii – Technical sciences and technologies*, № 1 (7), pp. 116–124 (in Ukrainian).

UDC 528.8:631.15

Oleh Zhytnyk, Iryna Balchenko

**STRUCTURAL MODELS OF REMOTE SENSING EQUIPMENT
FOR APPLICATION IN THE PRECISION FARMING FIELD**

Urgency of the research. Thanks to the rapid development of information technology increasingly are of practical importance in many areas, including agriculture. Agrarian enterprises are interested in increasing their yields, but for this it is necessary to constantly monitor the state of crops and respond promptly to adverse factors. Since their land areas are large enough in size, then it is rational to involve remote sensing equipment in the process of production, which would provide farmers with timely collection of data to determine the state of crops.

Target setting. There are different approaches to remote sensing. Terrestrial objects can be observed on space, air or ground levels. Therefore, the task is to decide which level is the most suitable for carrying out studies on the state of agricultural crops in the fields of agro-enterprises.

Actual scientific researches and issues analysis. Today the topic of remote sensing is quite popular, in particular, its use for agricultural purposes. It is engaged both by foreign scientists and by domestic scientists, whose significance is hard to underestimate.

Uninvestigated parts of general matters defining. The task for consideration and justification, the data of which level of remote sensing research is appropriate for determining the expert or expert system of damage to cultivated plants in the fields is now under consideration.

The research objective. Three levels of research - space, air and land - should be considered, and the most appropriate approach for monitoring the state of crops should be chosen to further analyze and identify their impacts.

The statement of basic materials. Remote sensing at the level of space research, although it allows to obtain image fields, but the spatial resolution of modern optoelectronic systems installed on them, and high cost photos do not facilitate their involvement in monitoring the land areas of fields. Instead, aerial photographs are a more practical approach for agribusinesses, but they have disadvantages. On the contrast land surveys are the most accurate way to determine the damage of cultivated plants in the fields, but this approach is quite labor intensive and inoperative, which also makes searching for other options.

Conclusions. Having considered all levels of field research, none of them was definitely better, but the combination of air and land level observations of fields should be the most accurate and effective.

Key words: remote sensing; aerospace survey; aerial photography; unmanned aerial vehicles; scanning, pattern recognition; precision agriculture.

Fig.: 2. Bibl.: 8.

УДК 528.8:631.15

Олег Житник, Ирина Бальченко

СТРУКТУРНЫЕ МОДЕЛИ СРЕДСТВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В СФЕРЕ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Из года в год отрасль сельского хозяйства постепенно развивается в Украине. Еще более ощутимому прогрессу подвергается сфера информационных технологий. Ее бурное развитие способствует активному появлению все новых и новых разработок. Также остаются актуальными и технологии, которые уже зарекомендовали себя наилучшим образом. Подвергаясь процессам поддержки и непрерывного совершенствования, они часто остаются мощными инструментами для актуальных на сегодня потребностей. Все разработки являются перспективными и постоянно находят свое практическое применение. Причем сферы их внедрения могут быть самыми разнообразными.

Данная работа посвящена рассмотрению перспективных идей относительно возможного использования разработок в сфере ИТ для их применения в сельском хозяйстве при выращивании культурных растений на примере подхода для отслеживания их состояния с помощью методов дистанционного зондирования и обоснованию использования тех или иных подходов реализации дистанционного зондирования на практике при дальнейших исследованиях в данном направлении.

Ключевые слова: дистанционное зондирование; аэрокосмическая съемка; аэрофотосъемка; беспилотные летательные аппараты; сканирование; распознавание образов; точное земледелие.

Рис.: 2. Библ.: 8.

Житник Олег Едуардович – аспірант, асистент кафедри інформаційних технологій та програмної інженерії, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

Житник Олег Эдуардович – аспирант, ассистент кафедры информационных технологий и программной инженерии, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

Zhytnyk Oleh – PhD student, assistant of the Information Technologies and Programming Engineering Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: zhytnykoleh@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2792-3820>

ResearcherID: F-6311-2016

Бальченко Ирина Владимировна – кандидат технічних наук, доцент кафедри інформаційних технологій та програмної інженерії, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

Бальченко Ирина Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий и программной инженерии, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

Balchenko Iryna – Doctor of Philosophy in Technical Sciences, Associate Professor of the Information Technologies and Program Engineering Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: iryna.balchenko@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3092-678X>

ResearcherID: G-3887-2014

Олександр Корнієнко

МЕТОД ВІДОБРАЖЕННЯ МОВНИХ СИГНАЛІВ У ЗАДАЧІ РОЗПІЗНАВАННЯ МОВЦЯ

Актуальність теми дослідження. Більшість когнітивних сервісів використовують мовні сигнали як джерело інформації, а саме: розпізнавання емоцій, мови та ідентифікація мовця. Актуальною проблемою є створення загального підходу до відображення мовних сигналів, позбавленого недоліків існуючих методів класифікації у задачі розпізнавання мовця.

Постановка проблеми. Більшість сучасних методів розпізнавання мовця є чутливими до тривалості мовних сигналів і, відповідно, це накладає істотні обмеження на їх застосування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Метод зрівняння фундаментальних частот голосів та ймовірнісні підходи часто застосовують для розпізнавання мовця. Предметом більшості робіт, пов'язаних із розпізнаванням мовця, є пошук метрик зрівняння статистичних моделей голосових трактів мовців для забезпечення найвищої точності розпізнавання. Формування цих моделей (метод *i-vector*) здійснюється на основі статистичних розподілів короточасних спектральних ознак. Основним недоліком такого підходу є необхідність великої кількості тренувальних даних (записів мовних сигналів великої тривалості), з метою розрахунку статистичних розподілів ознак та побудови текстонезалежної моделі мовця.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Створення загального методу виділення закономірностей у спектральних ознаках мовних сигналів короткої тривалості та характер їх зміни у часі є відкритим завданням.

Постановка завдання. У роботі запропоновано новий підхід до відображення мовних сигналів, як векторів ознак розподілених у часі, з використанням рекурентної нейронної мережі.

Виклад основного матеріалу. Розпізнавання мовця включає ідентифікацію та верифікацію людини за голосом та полягає у пошуці оптимальної пари функції відображення набору ознак мовного сигналу в багатовимірний вектор, та функції оцінки схожості таких відображень. Для пошуку альтернативної функції відображення ознак мовного сигналу в роботі використано рекурентну нейронну мережу, що складається з ланцюга двонаправлених довгих короточасних пам'ятей. Використано евклідову відстань для спрощення процесу зрівняння зразків мовних сигналів. Для налаштування ваг рекурентної нейронної мережі використано підхід триплет втрат, що успішно використовується для розпізнавання облич.

Висновки. Експериментально показано, що використання запропонованого підходу дозволило зменшити помилку розпізнавання мовця EER на 7,5 % порівняно із сучасним підходом *i-vector* при розмірності векторів відображень 16 та 100, відповідно, для мовних сигналів тривалістю 2 с.

Ключові слова: розпізнавання мовця; довга короточасна пам'ять; рекурентна нейронна мережа; підхід триплет втрат.

Рис.: 7. Бібл.: 23.

Постановка проблеми. Задача текстонезалежного розпізнавання мовця є актуальною у сфері обробки мовних сигналів [1]. Розпізнавання особи за голосом об'єднує ідентифікацію та верифікацію мовця. Ідентифікація мовця – процес визначення особи за послідовністю ознак x мовного сигналу шляхом її порівняння з моделями голосу мовців, збереженими у базі. Результатом процесу ідентифікації є список кандидатів. Верифікація мовця полягає у перевірці запитуваної ідентичності шляхом порівняння наданої послідовності ознак x зі збереженим у базі шаблоном. Результатом верифікації є позитивне або негативне рішення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомо кілька підходів із застосуванням нейронних мереж для пошуку оптимальних функцій f відображення та метрики зрівняння d мовних сигналів. Першим підходом до вирішення задачі ідентифікації мовця є використання багатошарового перцепторону [5] або глибинної мережі переконань (DBN, Deep Belief Network) [6]. На вхід такого алгоритму подаються ознаки мовного сигналу, наприклад, мел-частотні кепстральні коефіцієнти [7], а результатом роботи є вектор ймовірностей належності ознак до одного з класів мовців тренувальної вибірки. Однак такий метод є ресурсоємним та немасштабованим. Інший підхід полягає у пошуку функції відображення f шляхом розрахунку прихованих ознак мовного сигналу (bottle-neck features) за допомогою автоенкодера (повнозв'язної нейронної мережі) [8]. Основне обмеження цього підходу полягає у припущенні, що глибинна нейронна мережа відобразить спектральні ознаки мовного сигналу в дикторозалежні параметри [9].

Для пошуку оптимальної функції відображення мовного сигналу як штрафну функцію у роботі використано функцію втрат триплетів мовних сигналів [10], що викорис-

товується для відображення звукових записів слів в евклідовий простір [11], розділення мовців [12] та розпізнавання облич [13]. Основними відмінностями запропонованого методу є використання двонаправленої довгої короткочасної пам'яті (BLSTM, Bidirectional Long Short Term Memory) [13], функції об'єднання ознак мовного сигналу та метрики оцінки схожості послідовностей ознак мовних сигналів.

Мета статті. У роботі запропоновано новий підхід до вирішення задачі розпізнавання мовця, що базується на використанні двонаправленої рекурентної нейронної мережі для пошуку оптимальної функції відображення f та є вільним від зазначеного недоліку.

Виклад основного матеріалу. Ідентифікація та верифікація мовця є задачею мульти-класової класифікації, що полягає у пошуку оптимальної пари (f, d) функцій відображення ознак мовного сигналу f у багатовимірний простір та функції оцінки схожості (метрики) d відображень зразків мовних сигналів. Для наданої послідовності ознак x , відстань до відображення зразка послідовності ознак x_+ , вимовленого цим же диктором, повинна бути меншою ніж до будь-якого іншого відображення послідовності ознак x_- сигналу, вимовленого будь-яким іншим мовцем, що описується співвідношенням:

$$d(f(x), f(x_+)) < d(f(x), f(x_-)). \quad (1)$$

Метод «i-vector» (identity vector, вектор ідентичності) використовується як функція відображення f у сучасних системах розпізнавання мовця [2]. Об'єктом сучасних досліджень є пошук оптимальної метрики схожості d [3] для забезпечення найвищої точності розпізнавання. Основним недоліком підходу «i-vector» є чутливість до тривалості мовного сигналу [4], що накладає обмеження на формування зразків мовних сигналів та не може бути вирішений лише шляхом пошуку функції схожості.

Функція втрат триплетів мовних сигналів.

Підхід триплет втрат полягає у формуванні тренувальної вибірки триплетів послідовностей ознак (x, x_+, x_-) , що відповідають представленому мовному сигналу (наданий сигнал x), сигналу, вимовленому цим же мовцем (позитивний сигнал x_+) та сигналу, вимовленому будь-яким іншим мовцем (негативний сигнал x_-). Сформований триплет сигналів використовується для налаштування параметрів нейронної мережі та пошуку оптимальної функції відображення f . Тренування нейронної мережі відбувається з використанням функції втрат триплетів (triplet loss function) та полягає у мінімізації відстані між відображеннями наданого та позитивного сигналів та максимізації відстані між відображеннями наданого та негативного сигналів.

Хай T – набір усіх можливих триплетів сигналів $\tau = (x_a, x_p, x_n)$ тренувальної вибірки. Функція втрат триплетів задовольняє вираз (1) та дозволяє досягти кращого розділення позитивних та негативних пар завдяки додаванню до функції втрат константи $\alpha \in \mathbb{R}^+$. Для всіх триплетів у вибірці необхідно забезпечити нерівність $\Delta_\tau + \alpha < 0$, де

$$\Delta_\tau = \|f(x_a^\tau) - f(x_p^\tau)\|_2^2 - \|f(x_a^\tau) - f(x_n^\tau)\|_2^2.$$

Налаштування параметрів нейронної мережі полягає у мінімізації функції втрат триплетів:

$$\mathcal{L}(T) = \sum_{\tau \in T} \max(0, \Delta_\tau + \alpha).$$

Стратегія формування вибірок триплетів.

Як показано у роботі [10], формування всіх можливих триплетів сигналів є неефективним. Натомість для налаштування параметрів нейронної мережі використано триплети, що не задовольняють вираз $\Delta_\tau + \alpha < 0$. Усі інші триплети не вплинуть на значення функції втрат та лише збільшать обчислювальну складність алгоритму тренування. Нами використано «жорстко негативну» (hard negative) стратегію навчання [10].

Тренувальна вибірка триплетів сигналів формується для кожної епохи шляхом випадкового вибору набору n послідовностей для кожного з N мовців. Це дозволяє сформувати $Nn(n-1)/2$ пар представлений-позитивний сигналів. Далі для кожної з цих пар випадково вибирається одна пара представлений-негативний сигнал з усіх можливих $(N-1)n$ пар, що задовольняють нерівність $\Delta_\tau + \alpha > 0$.

Архітектура нейронної мережі.

На рис. 1 представлено структурну схему нейронної мережі, використаної для пошуку оптимальної функції відображення f . Запропонована нейронна мережа складається з: ланцюга двонаправлених довгих короткочасних пам'ятей (BLSTM) розмірністю $d1$, шару усереднення та $L2$ нормалізації ($L2$ Average Pooling), ланцюга повнозв'язних шарів (Dense) розмірністю $d2$ та шару $L2$ нормалізації ($L2$ Normalization). Запропонована структура нейронної мережі формує одновимірний вектор розмірності $(1, d2)$ відображення послідовності ознак мовного сигналу x розмірності (l, k) , де l – кількість фреймів (тривалість послідовності), ak – кількість ознак кадру мовного сигналу.

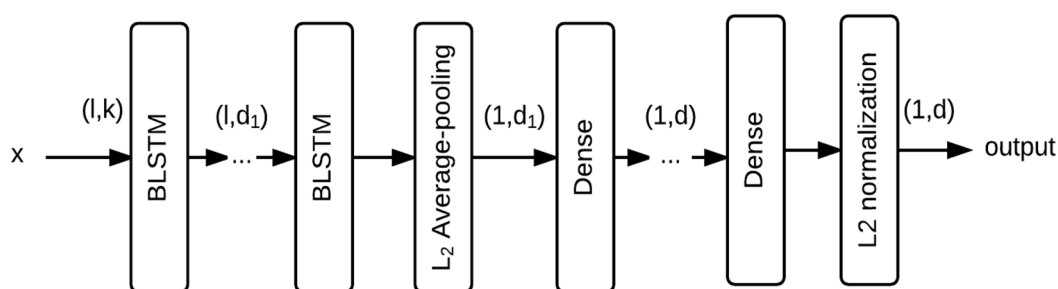


Рис. 1. Архітектура запропонованої нейронної мережі

Експериментальні результати.

Корпус мовних сигналів. Для проведення експериментів використано набір записів мовних сигналів 208 мовців загальною тривалістю близько 10 год з корпусів ASVSpooof [14] та VoxForge [15]. Кожен зразок мовного сигналу розділено на тренувальний, тестувальний сегменти та сегмент, що використовується для створення моделі мовця у співвідношенні 70, 15, 25 % відповідно від загальної тривалості запису голосу.

Ознаки мовних сигналів. Вейвлет-пакетні кепстральні коефіцієнти [16], із структурою дерева декомпозиції наближеної до психоакустичної моделі ERB [17] та базисним вейвлетом сімейства Добеші 3-го порядку використано як ознаки мовного сигналу [18]. Вектор ознак містить 18 кепстральних коефіцієнтів, їх похідних 1-го та 2-го порядку. Тривалість кадру становить 32 мс з перекриттям 16 мс. Частота дискретизації становить 16 кГц. Мовні сигнали попередньо очищенні від сегментів тиші за допомогою алгоритму [19].

Конфігурація нейронної мережі. Нейронна мережа розроблена з використанням фреймворку Keras [20] та Pyannote [12]. Евклідова метрика вибрана як міра схожості d . Для пошуку оптимальної конфігурації мережі розглянуто структури з 1, 2 та 3 BLSTM, розмірністю 16, 32, 64 та 128. Розглянуто два повнозв'язні шари (Dense) з розмірністю 16, 32 та 64. Функцією активації обрано \tanh . Налаштування ваг нейронної мережі здійснювалось для різної тривалості мовних сигналів протягом 50 епох. Відступ α обрано рівним 0,2 [10]. Оптимізатором обрано модифікований алгоритм градієнтного спуску [21] зі швидкістю навчання 10^{-3} . Для формування триплетів використано $n = 20$ випадково обраних послідовностей мовних сигналів усіх мовців.

Оцінка ефективності системи розпізнавання мовця проводилась шляхом зрівняння рівня рівних помилок (EER, Error Equal Rate). Рівень рівних помилок представляє величину ймовірності помилок при такому порозі, при якому ймовірність помилок 1-го та 2-го реду збігаються або близькі за значенням.

Як альтернативний метод розпізнавання мовця обрано підхід «i-vector». Модель мовця створювалась з використанням програмного пакета BOB [22] з такими параметрами: розмірність «вектора ідентичності» (identity vector, i-vector) 100, кількість компонент суміші Гауссових розподілів 256, PLDA класифікатор із розмірністю векторів лінійних моделей 50.

На рис. 2 представлено залежність помилки розпізнавання мовця EER від епохи тренування для тестової вибірки мовних сигналів тривалістю 2 с. Як бачимо, точність розпізнавання мовця збільшується при збільшенні кількості епох тренування нейронної мережі.

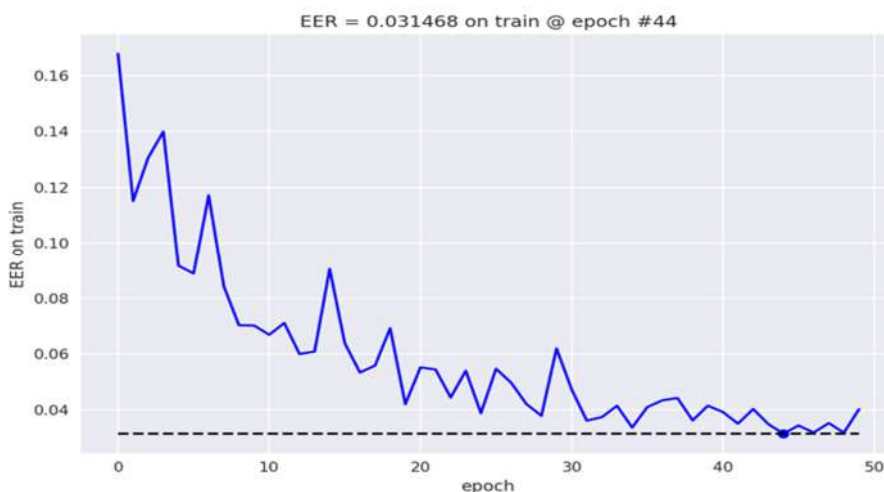


Рис. 2. Залежність помилки розпізнавання мовця EER від епохи тренування (тривалість мовних сигналів 2 с, кількість LSTM 1, $d1=32$, $d2=16$)

На рис. 3 зображені t-SNE [23] проєкції векторів відображень сигналів 35 мовців тестової вибірки. Таким чином, більшість векторів відображень чітко розділені на групи та формують класи мовців.

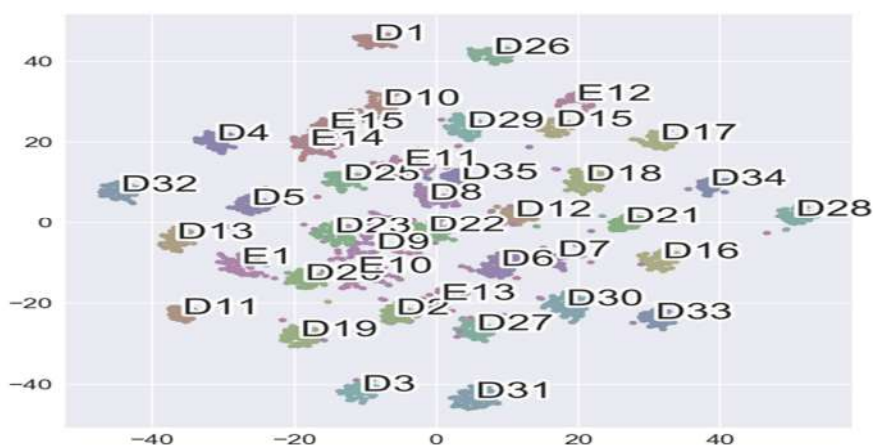


Рис. 3. t-SNE проєкція відображень сигналів 35 мовців

Точність запропонованого методу розпізнавання мовця є вищою на 7,6% ніж для методу «i-vector», що представлено залежністю EER від тривалості мовного сигналу (рис. 4).

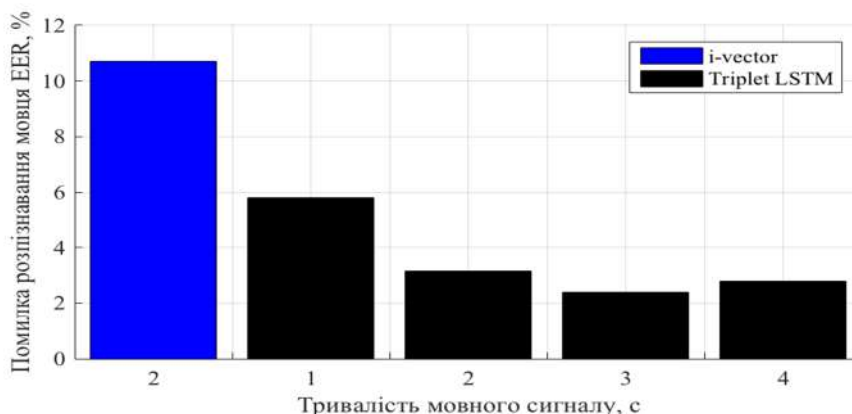


Рис. 4. Залежність помилки EER розпізнавання мовця від тривалості мовного сигналу запропонованою системою Triplet LSTM ($d1=32$, $d=16$, $nlstm=1$, $ndense=2$) та «i-vector»

Залежності помилки розпізнавання EER від кількості та розмірності BLSTM представлено на рис. 5 та 6 відповідно. Найбільша точність розпізнавання мовця досягається для $d1 = 32$ та $Nblstm = 1$. При збільшенні кількості ланцюгів рекурентної нейронної мережі спостерігається перенавчання, тобто нейронна мережа «запам'ятовує» змістову частину повідомлення, що зумовлює падіння точності текстонезалежного розпізнавання мовця.

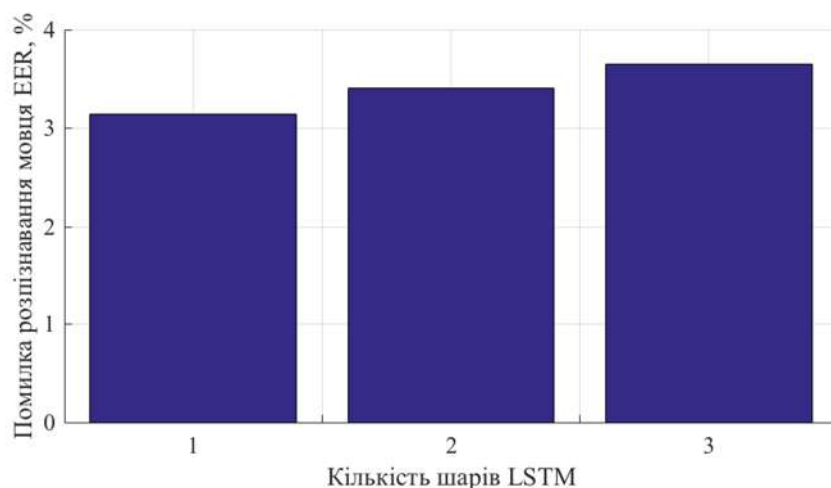


Рис. 5. Залежність помилки EER розпізнавання мовця від кількості шарів LSTM запропонованою системою ($t=2c$, $d1=32$, $d=16$, $ndense=2$)

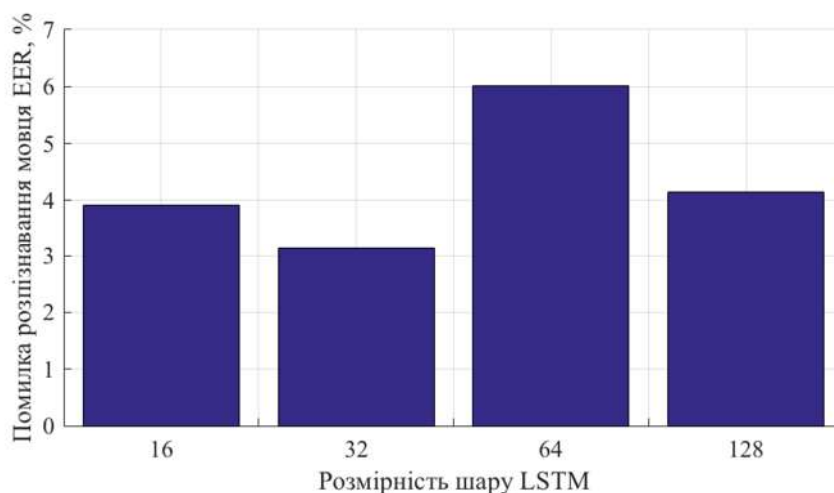


Рис. 6. Залежність помилки EER розпізнавання мовця від розмірності шару LSTM запропонованою системою ($t=2c$, $nlstm=1$, $d=16$, $ndense=2$)

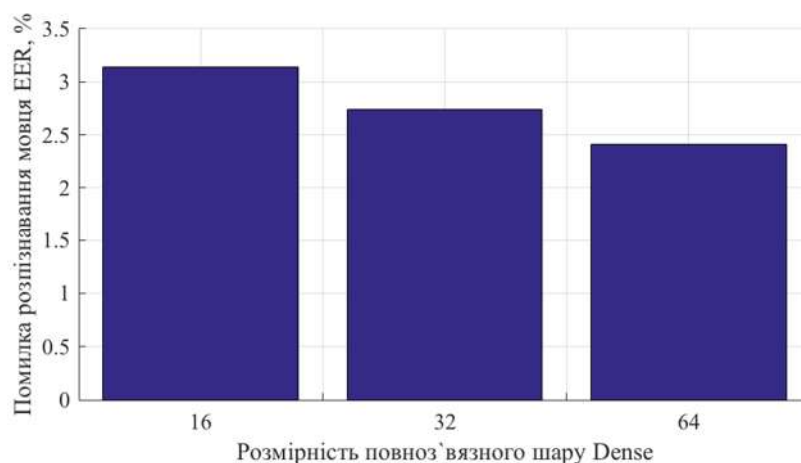


Рис. 7. Залежність помилки EER розпізнавання мовця від розмірності шару Dense запропонованою системою ($t=2c$, $nlstm=1$, $d1=32$, $ndense=2$)

Отже, експериментально визначено параметри запропонованої архітектури нейронної мережі, для яких досягається найбільша ймовірність правильної класифікації мовців 8,4%:

- Кількість ланцюгів рекурентної нейронної мережі BLSTM: 1.
- Розмірність ланцюга рекурентної нейронної мережі: 32.
- Розмірність повноз'язного шару Dense: 64.

Висновки та пропозиції. Запропоновано метод пошуку оптимальної функції відображення послідовності ознак мовного сигналу в завданні розпізнавання мовців. Визначено, що помилка розпізнавання мовця EER запропонованого методу на 7,5% менша порівняно з актуальним підходом «i-vector» при розмірності векторів відображень мовних сигналів 16 та 100 відповідно. Визначено оптимальні параметри архітектури нейронної мережі: розмірність ланцюга BLSTM $d1 = 32$, кількість ланцюгів BLSTM $Nblstm = 1$, розмірність повноз'язного шару Dense $d = 16$. Виявлено, що ускладнення моделі нейронної мережі шляхом збільшення шарів LSTM приводить до перенавчання (запам'ятовування змістової складової повідомлення) та, відповідно, зменшення точності текстонезалежного розпізнавання мовця. Становить інтерес оцінки точності розпізнавання запропонованого методу на корпусах більшої ємності, наприклад LibriSpeech, а також використання інших типів метрики схожості та структур нейронних мереж. Запропонований метод може бути використаний для вирішення завдань текстонезалежного розпізнавання мовця, розділення мовців (speaker diarization), розпізнавання емоцій та щодо інших типів класифікації мовних сигналів.

Список використаних джерел

1. Kinnunen, Tomi, Li Haizhou (2010). An Overview of Text-independent Speaker Recognition: From Features to Supervectors. *Speech Commun*, vol. 52, no. 1, pp. 12–40. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1016/j.specom.2009.08.009>.
2. Dehak, N., Kenny, P. J. & Dehak R. et al. (2011). Front-End Factor Analysis for Speaker Verification. *IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*, vol. 19, no. 4, pp. 788–798.
3. Garcia-Romero, Daniel, Espy-Wilson Carol Y. (2011). Analysis of i-vector Length Normalization in Speaker Recognition Systems. *Interspeech*, vol. 2011, pp. 249–252.
4. Achintya, Kumar Sarkar, Driss, Matrouf (eds.) (2012). Study of the Effect of I-vector Modeling on Short and Mismatch Utterance Duration for Speaker Verification. *INTERSPEECH. ISCA*, pp. 2662–2665. Retrieved from <http://dblp.uni-trier.de/db/conf/interspeech/interspeech2012.html#SarkarMBB12>.
5. Ehsan, Variiani, Xin, Lei & Erik McDermott et al. (2014). Deep neural networks for small footprint text-dependent speaker verification. *Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), 2014 IEEE International Conference on / IEEE*, pp. 4052–4056.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

6. Ghahabi, Omid, Hernando, Javier (2014). Deep belief networks for i-vector based speaker recognition. *Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), 2014 IEEE International Conference on / IEEE*, pp.1700–1704.
7. Davis Steven, Mermelstein Paul (1980). Comparison of parametric representations for monosyllabic word recognition in continuously spoken sentences. *IEEE transactions on acoustics, speech, and signal processing*, vol. 28, no. 4, pp. 357–366.
8. Richardson, Fred, Reynolds, Douglas & Dehak Najim (2015). Deep neural network approaches to speaker and language recognition. *IEEE Signal Processing Letters*, vol. 22, no. 10, pp. 1671–1675.
9. Yella Sree Harsha, Stolcke Andreas, Slaney Malcolm (2014). Artificial neural network features for speaker diarization. *Spoken Language Technology Workshop (SLT), 2014 IEEE / IEEE*, pp. 402–406.
10. Schroff Florian, Kalenichenko Dmitry, Philbin James (2015). Facenet: A unified embedding for face recognition and clustering. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 815–823.
11. He Wanjia, Wang Weiran, Livescu Karen (2016). Multi-view Recurrent Neural Acoustic Word Embeddings. *CoRR*, vol. abs/1611.04496. Retrieved from <http://arxiv.org/abs/1611.04496>.
12. Bredin, Hervé (2016) TristouNet: Triplet Loss for Speaker Turn Embedding. *CoRR*, vol. abs/1609.04301. Retrieved from <http://arxiv.org/abs/1609.04301>.
13. Sundermeyer Martin, Schlüter Ralf & Ney Hermann. (2012). LSTM Neural Networks for Language Modeling. *Interspeech*, pp. 194–197.
14. Zhizheng Wu, Tomi Kinnunen & Nicholas Evans et al. (2015). ASVspoof 2015: the first automatic speaker verification spoofing and countermeasures challenge. *Training*, vol. 10, no. 15, pp. 3750.
15. *VoxForge project*. Retrieved from <http://voxforge.org>.
16. Sarikaya Ruhi, Pellom Bryan L., & Hansen John HL. (1998). Wavelet packet transform features with application to speaker identification. *IEEE Nordic signal processing symposium / CiteSeerX*, pp. 81–84.
17. Moore, Brian CJ. (2012). *An introduction to the psychology of hearing*. Brill.
18. Корнієнко О. О. Вейвлет-пакетні ознаки мовного сигналу у завданні розпізнавання мовця / О. О. Корнієнко // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах : міжнар. наук.-техн. журн. – 2017. – № 2. – С. 111–117.
19. Alam, J. Patrick Kenny & Pierre Ouellet et al. (2014). Supervised/Unsupervised Voice Activity Detectors for Text-dependent Speaker Recognition on the RSR2015 Corpus. *Odyssey Speaker and Language Recognition Workshop*. Retrieved from http://www.crim.ca/perso/patrick.kenny/Alam_odyssey2014.pdf.
20. Chollet François. Keras. 2015.
21. Funk, Simon (2015). RMSprop loses to SMORMS3 – beware the epsilon! Retrieved from <http://sifter.org/~simon/journal/20150420.html>.
22. Khoury Elie, El Shafey Laurent & Marcel Sébastien (2014). Spear: An open source toolbox for speaker recognition based on Bob. *Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), 2014 IEEE International Conference on / IEEE*, pp. 1655–1659.
23. Maaten Laurens van der, Hinton Geoffrey. (2008). Visualizing data using t-SNE. *Journal of Machine Learning Research*, vol. 9, no. Nov., pp. 2579–2605.

References

1. Kinnunen, Tomi, Li Haizhou (2010). An Overview of Text-independent Speaker Recognition: From Features to Supervectors. *Speech Commun*, vol. 52, no. 1, pp. 12–40. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1016/j.specom.2009.08.009>.
2. Dehak, N., Kenny, P. J. & Dehak R. et al. (2011). Front-End Factor Analysis for Speaker Verification. *IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*, vol. 19, no. 4, pp. 788–798.
3. Garcia-Romero, Daniel, Espy-Wilson Carol Y. (2011). Analysis of i-vector Length Normalization in Speaker Recognition Systems. *Interspeech*, vol. 2011, pp. 249–252.
4. Achintya, Kumar Sarkar, Driss, Matrouf (eds.) (2012). Study of the Effect of I-vector Modeling on Short and Mismatch Utterance Duration for Speaker Verification. *INTERSPEECH*.

ISCA, pp. 2662–2665. Retrieved from <http://dblp.uni-trier.de/db/conf/interspeech/interspeech2012.html#SarkarMBB12>.

5. Ehsan, Variiani, Xin, Lei & Erik McDermott et al. (2014). Deep neural networks for small footprint text-dependent speaker verification. *Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), 2014 IEEE International Conference on / IEEE*, pp. 4052–4056.

6. Ghahabi, Omid, Hernando, Javier (2014). Deep belief networks for i-vector based speaker recognition. *Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), 2014 IEEE International Conference on / IEEE*, pp. 1700–1704.

7. Davis Steven, Mermelstein Paul (1980). Comparison of parametric representations for monosyllabic word recognition in continuously spoken sentences. *IEEE transactions on acoustics, speech, and signal processing*, vol. 28, no. 4, pp. 357–366.

8. Richardson, Fred, Reynolds, Douglas & Dehak Najim (2015). Deep neural network approaches to speaker and language recognition. *IEEE Signal Processing Letters*, vol. 22, no. 10, pp. 1671–1675.

9. Yella Sree Harsha, Stolcke Andreas, Slaney Malcolm (2014). Artificial neural network features for speaker diarization. *Spoken Language Technology Workshop (SLT), 2014 IEEE / IEEE*, pp. 402–406.

10. Schroff Florian, Kalenichenko Dmitry, Philbin James (2015). Facenet: A unified embedding for face recognition and clustering. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 815–823.

11. He Wanxia, Wang Weiran, Livescu Karen (2016). Multi-view Recurrent Neural Acoustic Word Embeddings. *CoRR*, vol. abs/1611.04496. Retrieved from <http://arxiv.org/abs/1611.04496>.

12. Bredin, Hervé. (2016) TristouNet: Triplet Loss for Speaker Turn Embedding. *CoRR*, vol. abs/1609.04301. Retrieved from <http://arxiv.org/abs/1609.04301>.

13. Sundermeyer Martin, Schlüter Ralf & Ney Hermann (2012). LSTM Neural Networks for Language Modeling. *Interspeech*, pp. 194–197.

14. Zhizheng Wu, Tomi Kinnunen & Nicholas Evans et al. (2015). ASVspoof 2015: the first automatic speaker verification spoofing and countermeasures challenge. *Training*, vol. 10, no. 15, pp. 3750.

15. VoxForge project. Retrieved from <http://voxforge.org>.

16. Sarikaya Ruhi, Pellom Bryan L., & Hansen John HL. (1998). Wavelet packet transform features with application to speaker identification. *IEEE Nordic signal processing symposium / CiteSeerX*, pp. 81–84.

17. Moore, Brian CJ. (2012). *An introduction to the psychology of hearing*. Brill.

18. Korniyenko O. O. (2017) Veyvlet-paketni oznaky movnoho syhnalu u zavdanni rozpiznavannya movtsya [Wavelet and package features of voice signal concerning recognition speaker problem]. *Vymiriuvalna ta obchysliuvalna tekhnika v tekhnolohichnykh protsesakh – Measuring and computing engineering in technological processes*, no 2, pp. 98–104 (in Ukrainian).

19. Alam, J. Patrick Kenny & Pierre Ouellet et al. (2014). Supervised/Unsupervised Voice Activity Detectors for Textdependent Speaker Recognition on the RSR2015 Corpus. *Odyssey Speaker and Language Recognition Workshop*. Retrieved from http://www.crim.ca/perso/patrick.kenny/Alam_odyssey2014.pdf.

20. Chollet François. Keras. 2015.

21. Funk, Simon (2015). RMSprop loses to SMORMS3 - beware the epsilon! Retrieved from <http://sifter.org/~simon/journal/20150420.html>.

22. Khoury Elie, El Shafey Laurent & Marcel Sébastien (2014). Spear: An open source toolbox for speaker recognition based on Bob. *Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), 2014 IEEE International Conference on / IEEE*, pp. 1655–1659.

23. Maaten Laurens van der, Hinton Geoffrey. (2008). Visualizing data using t-SNE. *Journal of Machine Learning Research*, vol. 9, no. Nov., pp. 2579–2605.

Oleksandr Korniienko

THE METHOD OF DISPLAYING SPEECH SIGNALS IN THE SPEECH RECOGNITION TASK

Urgency of the research. Most cognitive services deal with voice understanding of emotions, speech and speaker recognition. Thus, the actual problem is creating of general approach for speech embedding, such as speaker recognition.

Target setting. The state-of-art speaker recognition methods have significant restrictions on their use because these methods are sensitive to durations of the speech signals.

Actual scientific researches and issues analysis. The method of comparison fundamental frequency and probabilistic approaches are often used for speaker recognition. The subject of the majority of speaker recognition researches is searching the metrics for similarity scoring of voice statistical models. The main goal of these researches is to ensure the highest accuracy of the recognition. Researches propose to generate voice models using the probability distributions of short-term spectral features. This method is called i-vector. The main disadvantages of statistical models are that they must have large training speech corpus to calculate the statistical distributions of features and construct a text-independent model of speaker.

Uninvestigated parts of general matters defining. Creating a general method for patterns extraction from time-distributed short-term spectral features is required.

The research objective. In this paper we proposed a new approach to the speech signals embedding using a recurrent neural network, which can be used for speaker, speech and emotion recognition.

The statement of basic materials. Speaker recognition involves the identification of a person and verification by the voice and boils down to find the optimal pairs of speech signal representing function, and scoring function for evaluating the similarity between given and known speech signals. In order to find an alternative function of speech signal embedding, a bidirectional long short-term memory is used. The euclidean distance is used to simplify the process of measuring the similarity between speech signals. The triplet loss function is minimized for adjust the weights of the recurrent neural network. This is because the optimization approach is successfully used for face recognition.

Conclusions. It has been shown experimentally that the use of the proposed approach allowed to reduce the speaker recognition error equal rate by 7.5 % compared with the state-of-art i-vector approach with voice models vector dimension 16 and 100, respectively, for 2 sec. speech signals.

Key words: speaker recognition; long short-term memory; recurrent neural network; triplet loss function.

Fig.: 7. Bibl.: 23.

УДК 004.934:621.391:621.396.67

Александр Корниенко

МЕТОД ОТОБРАЖЕНИЯ РЕЧЕВЫХ СИГНАЛОВ В ЗАДАЧЕ РАСПОЗНАВАНИЯ ГОВОРЯЩЕГО

Большинство когнитивных сервисов используют речевые сигналы как источник информации, а именно: распознавание эмоций, речи и идентификация говорящего. Актуальной проблемой является создание общего подхода к отражению речевых сигналов, лишенного недостатков существующих методов классификации в задаче распознавания говорящего. В работе предложен новый подход к отражению языковых сигналов, как векторов признаков распределенных во времени, с использованием рекуррентной нейронной сети.

Для поиска альтернативной функции отображения признаков речевого сигнала в работе использовано рекуррентную нейронную сеть, состоящую из цепи двунаправленных долгих кратковременных памятей. Использовано эвклидово расстояние для упрощения процесса уравнивания образов речевых сигналов. Для настройки весов рекуррентной нейронной сети использован подход триплет потерь, что успешно используется для распознавания лиц.

Экспериментально показано, что использование предложенного подхода позволило уменьшить ошибку распознавания говорящего EER на 7,5 % по сравнению с современным подходом i-vector при размерности векторов отображений 16 и 100, соответственно, для речевых сигналов длительностью 2 с.

Ключевые слова: распознавание говорящего; длинная кратковременная память; рекуррентная нейронная сеть; подход триплет потерь.

Рис.: 7. Библ.: 23.

Корнієнко Олександр Олегович – аспірант, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (просп. Перемоги, 37, 03056, м. Київ, Україна).

Корниенко Александр Олегович – аспирант, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского» (просп. Победы, 37, 03056, г. Киев, Украина).

Korniienko Oleksandr – PhD student, National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute” (37 Pobedy Av., 03056 Kyiv, Ukraine).

E-mail: olexandr.korniienko@gmail.com

УДК 004.8

DOI: 10.25140/2411-5363-2017-3(9)-138-143

Кирило Тітов

ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ КОГНІТИВНИХ ОБЧИСЛЕНЬ І СЕМАНТИЧНОЇ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ ФІЛЬТРАЦІЇ НОВИН ЗА ПЕРСОНАЛІЗОВАНИМИ ВПОДОБАННЯМИ КОРИСТУВАЧА

Актуальність теми дослідження. Обробка, аналіз та фільтрація таких величезних масивів новинних даних за допомогою методів штучного інтелекту є актуальною темою для сучасного світу.

Постановка проблеми. У цій статті досліджено проблеми обробки багатоаспектної, об'єктивної, новинної інформації із різних джерел, а також методи фільтрації отриманої інформації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останнім часом у багатьох європейських країнах виникає все більший інтерес до розробки методів боротьби з цієї проблемою. Багато європейських політиків, такі як, наприклад, федеральний уповноважений з проведення виборів Дітер Заррайтер (ФРН), стурбований таким станом речей: «Громадяни та ЗМІ повинні з особливою обережністю реагувати на новини у ході цієї передвиборчої кампанії. Слід знати, що робляться спроби ними маніпулювати».

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. З розвитком інтернет-технологій ми отримали доступ до різної інформації, у тому числі і новинної, але останнім часом виникла проблема отримання не просто інформації, а фактів, що мають конкретне підтвердження.

Мета статті. Метою цієї статті є дослідження методів семантичного аналізу новинного контенту з різних джерел на основі перетворення інформації в онтологічну форму подання, а також розробка методу отримання та обробки новинної інформації.

Виклад основного матеріалу. У статті викладено один із варіантів вирішення проблеми фільтрування новинної інформації за допомогою семантичного порталу та інтелектуальних сервісів від компанії IBM Watson. Ми рекомендуємо застосувати онтологію для опису предметної області «новини» та побудови фільтрів користувача на основі цієї онтології.

Висновки і пропозиції. Розглянуто можливість заміни онтології, яка описує академічну галузь, на онтологію новин на основі інтелектуального сервісу від IBM Watson. Розроблений сервіс надає зручний інструментарій для обробки та аналізу новинного контенту.

Ключові слова: Semantic WEB; OWL; RDFS; XML; IBM Watson; фільтрація; новини; об'єктивність; неупередженість.
Бібл.: 4.

Постановка проблеми. У сучасному світі користувачі можуть отримувати новини із багатьох різноманітних джерел: як класичних – газети, журнали тощо, так і сучасних, таких як електронні видання, новинні сайти або портали. Але нині інформаційні потоки дуже відрізняються від колишніх, а саме об'ємами інформації, що надходить. Тисячі журналістів та репортерів збирають та обробляють інформацію по всьому світу, але усі вони різні. Деякі сумлінно виконують свою журналістську діяльність, деякі заробляють цим гроші, а деякі можуть бути частиною пропагандистської машини тієї чи іншої країни, організації тощо, тим саме впливаючи на соціальні, політичні та економічні аспекти життя. Саме тому сьогодні витрачаються багато коштів для пошуку варіантів вирішення питання надання користувачам доступу до об'єктивної інформації, зменшення впливу пропаганди всередині країни та з боку інших країн.

Сьогодні читачі не мають можливості отримувати новини за персональними вподобаннями, рекомендації за ключовими словами не беруться до уваги, але деякі компанії, які займаються дослідженнями та розробкою систем та сервісів на основі штучного інтелекту, можуть надавати сервіси, за допомогою яких ми зможемо отримувати семантичний опис статті або автора. За допомогою цієї інформації користувач зможе отримувати найбільш цікаві для себе новини.

Обробка, аналіз та фільтрація таких величезних масивів новинних даних за допомогою методів штучного інтелекту є актуальною темою для сучасного світу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Однією із форм представлення новин є новинні сайти, вони розділяються на тематичні категорії та підкатегорії. Інший варіант – це новинні пошукові системи, які дозволяють користувачу шукати новини за термінами, що становлять інтерес для користувача. На відміну від новинних сайтів пошукові системи дозволяють персоналізувати пошук – користувач сам може налаштувати свій

профіль, вибираючи теми інтересів, тим самим підказуючи системі, у яких тематичних категоріях слід шукати інформацію. Іноді персоналізація виконується за допомогою методів сумісної фільтрації, таких як, наприклад, google-новини. Така інтерекативність є важливою додатковою функцією для залучення нових користувачів та поліпшення якості надання новинного контенту.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Сучасні рекомендаційні системи мають багато недоліків, одним із найважливіших є відсутність адекватної моделі даних. Профіль користувача може бути побудований за його явними та неявними уподобаннями або на основі їх комбінації. Є три основні методи побудови рекомендацій для користувача:

1. На основі контенту – система робить висновки на основі статей, які сподобались користувачу в минулому.

2. Колоборантний метод – фокусується не на самому предметі пошуку, а рекомендує елементи, які сподобались користувачам із подібними вподобаннями.

3. На основі знань – використовують знання не тільки про вподобання користувача, але й знання про предмети пошуку.

Як тільки утворюється профіль, система застосовує одну або декілька методик для створення рекомендацій для користувача. Усі ці методи можуть бути поєднані для отримання найбільш релевантного результату.

У Голландії в університеті Ротердама в межах курсу «Advanced Software Architecture» розробили новинний портал, який аналізував rss-стрічки та конвертуючи інформацію в онтологію, надавав користувачам новини згідно із їхніми вподобаннями. Система для рекомендації новин спочатку моделювала поведінку користувача, аналізуючи та запам'ятовуючи історію перегляду новинних сайтів та rss-стрічок. Далі вона представляла отриману інформацію в онтологічному вигляді. Засновуючись на змодельованому профілі, система рекомендувала новинний контент, який був би цікавим для користувача. Основною метою розробки такої системи було виявлення найбільш оптимальної технології для розробки рекомендаційних новинних систем. Згідно із проведеними дослідженнями було виявлено, що системи, засновані на онтологіях, працюють краще, ніж їх аналоги, які не використовують онтологічний підхід.

Мета статті. У цій статті ми рекомендуємо застосувати онтологію для опису предметної області «новини» та побудови фільтрів користувача на основі цієї онтології. Онтологія дозволяє зменшити простір пошуку, а також полегшити процес отримання новин за вподобаннями користувача. Однією з важливих переваг онтологічного підходу є те, що він не використовує колоборантну фільтрацію, він застосовує знання про предмети і вподобання користувача, описані в онтології. Для опису властивостей новинної статті або її автора у створеній онтології ми використовуємо показники інтелектуального сервісу IBM Watson –Personality Insights [1].

Виклад основного матеріалу. IBM є однією з найбільш розвинутих корпорацій, яка вже понад сто років очолює технологічний прогрес. Одним з найцікавіших та відомих проєктів останніх років став IBM Watson.

Це когнітивна система, яка може навчатися, розуміти та робити висновки. У межах цього проєкту було розроблено багато інтелектуальних сервісів, серед яких є Personality Insights.

Служба IBM Watson Personality Insights являє собою зручне API, яке дає уявлення про характеристики особистості із соціальних мереж, корпоративних даних або інших цифрових джерел. Сервіс використовує лінгвістичну аналітику для визначення характеристик особистості. Також він може визначати вподобання користувача, для аналітики маркетингу, впливу реклами тощо. Служба дозволяє проводити аналітику великим

компаніям для більш повного та глибоко розуміння своїх клієнтів, незважаючи на галузь, у якій вона працює. Завдяки цьому корпорації можуть поліпшувати якість обслуговування та надання послуг, адаптувати свої продукти під цільову аудиторію.

ІВМ провело дослідження для того, щоб зрозуміти, чи можуть характеристики особистості, отримані із соціальних мереж, передбачити поведінку та вподобання людей. Отримані результати показали, що людина, яка схильна до збудження, з більшою ймовірністю відгукнеться на нові маркетингові кроки, так само як люди із високими показниками таких якостей, як скромність, відвертість та дружелюбність, із великою ймовірністю будуть поширювати цікаву інформацію серед знайомих. Усі ці дослідження були перевірені та підтвердженні тестовими опитуваннями учасників. Після цього був проведений аналіз понад 600 твітів, який показав, що індивідуальні характеристики, отримані службою Personality Insights, можуть передбачати вподобання користувача з точністю близько 70 %.

Personality Insights під силу автоматичний вивід із потенційно зашумлених соціальних мереж портрети людей, які відображують їх індивідуальні характеристики. У 2016 році журналістка видання NPR Аарті Шахані проаналізувала за допомогою сервісу свої акаунти у соцмережах та, за її словами, вона отримала дуже точну характеристику самої себе. Шахані була здивована такої точній оцінці її особистості, тому що її акаунти з twitter та facebook дуже сильно різнилися.

Сервіс Personality Insights розпізнає характеристики особистості з текстової інформації (статті або інші публікації), автором якого є особа, яку ми аналізуємо. Спочатку сервіс розмічає текст для створення представлення у n-мірному просторі. Сервіс використовує технологію word-embedding, з відкритим вихідним кодом, для того щоб отримати векторне представлення для усіх слів з тексту. Далі Personality Insights передає це представлення алгоритму машинного навчання, який описує профіль особистості із його характеристиками. Для навчання алгоритму сервіс використовує оцінки, отримані з опитувань, проведених серед тисяч користувачів, а також їх акаунтів twitter.

Важливо, що під час тестів ІВМ встановили, що характеристики особи, отримані з текстів, можуть точно передбачити різноманіття характерів людей та їх поведінку. Завдяки цьому ми можемо отримати характеристику на будь-якого автора новинних статей, сюжетів, досліджень тощо [2].

Технології Semantic Web дозволяють формалізувати знання про предметну галузь таким чином, щоб вони могли оброблятися і людиною, і комп'ютерною системою. Для цього використовують онтології. Одним з можливих варіантів вирішення проблеми обробки великих масивів неоднорідної і розподіленої інформації новинного контенту є подання інформації в онтологічній формі та подальша обробка семантики отриманої інформації [3].

Ми пропонуємо вирішувати проблему контролю якості наданого новинного контенту за допомогою веб-системи, яка здатна накопичувати як сам новинний контент, так і метаконтент, який може вказувати на достовірність новинної інформації.

Рішення базується на використанні онтологічного порталу оцінки якості новинного контенту, який будується за прикладом вже існуючої платформи – порталу, який був розроблений у міжнародному проєкті Tempus «Національна система забезпечення якості і взаємної довіри в системі вищої освіти (TRUST)» як технічний засіб підтримки і гармонізації процесів з оцінки і забезпечення якості вищої освіти.

Технологію побудови таких порталів створено для прозорого накопичення та обміну інформацією, що має забезпечити можливість широкого та неупередженого контролю за її якістю. Подібні системи посилюють соціальний вплив на оцінку інформації та унеможливають контроль за нею лише зацікавленою стороною. Для цього подібні системи будуються за принципами соціальних мереж. Користувачі порталів є головними постачальниками контенту та контролерами його достовірності (механізми соціальної верифіка-

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

ції). Однак, крім соціальної верифікації контенту, у запропонованому порталі існують механізми й інструменти автоматичного аналізу достовірності наданої інформації.

Портал дозволяє створювати і застосовувати різні системи цінностей у вигляді гнучких багатовимірних показників якості, зважених за ступенем їх важливості для ранжування запиту. Таким чином, кожен користувач може оцінити якість деяких ресурсів з різних поглядів, так званих «систем цінностей» користувача, який робить оцінку [4].

Портал працює відповідно до інформації, що зберігається в її онтологічній базі знань. Онтології використовуються для опису самого порталу: його архітектури і функціональності, а також для відкритого і гнучкого зберігання інформації, що надається користувачами. Важливою особливістю архітектури порталу є його гнучкість, яка досягається за рахунок розподілу описів самого порталу та предметної області на дві окремі онтології:

1. Сервісна онтологія містить допоміжні класи і властивості для системної бізнес-логіки, підтримки реєстрації ресурсів, бізнес-аналітики, рейтингу і т. ін. Вона спроектована для використання як основної незалежної структури, досить гнучкої для взаємодії з онтологіями, які описують будь-який можливий домен у системі менеджменту ресурсів підтримки моніторингу якості.

2. Доменна онтологія включає в себе:

- ядро (визначає поняття і властивості, які використовуються для оцінки якості);
- шар користувача (який кожна організація може гнучко адаптувати до власних умов або кожен користувач може адаптувати до власних вподобань);
- системи цінностей (яка визначає вагові коефіцієнти для різних показників якості в різних контекстах);
- процеси забезпечення якості (формально визначені внутрішні або крос-організаційні процеси забезпечення якості).

Завдяки гнучкій структурі побудови порталу за рахунок поділу на дві окремі онтології сервісну і доменну портал може бути повністю змінений шляхом простої модифікації онтологій. Сервісна онтологія здатна взаємодіяти з онтологіями, які описують будь-яку галузь, відмінну від вищої освіти, в якій також існують численні ресурси, які потребують оцінки (бізнес, виробництво, медицина, медіа).

Основними компонентами новинної онтології є поняття, відносини, екземпляри та аксіоми. Поняття являють собою набір або клас сутностей у межах новинної області. Кожен клас, визначений в онтології, описує загальні характеристики індивідів. Найбільш фундаментальні поняття відповідають класам, які знаходяться в корені різних таксономічних дерев. Кожен індивід у світі OWL є членом класу owl:Thing. Таким чином, кожен певний клас автоматично є підкласом owl:Thing. Специфічні для цієї області кореневі класи визначаються простим оголошенням іменованого класу. Наприклад, такі класи, як автор, видання, стаття тощо.

Також онтології включають у себе відношення між класами або властивостями. Ієрархія класів визначається шляхом вказування, що клас є підкласом іншого класу, отже, клас «публікації автора» має декілька підкласів.

Кореневим класом створеної онтології є «автор публікації», який має три підкласи – характеристики особистості автора, уподобання користувача та ціннісні характеристики. Ці підкласи є основними логічними розділами сервісу Personality Insights, які включають у себе більш детальні характеристики для опису індивідуальності автора статті.

Комбінуючи портал та сервісу Personality Insights, який надає зручний API для інтеграції з вашими проектами, ми можемо аналізувати і згодом фільтрувати новинний контент. У порталі для вищої освіти вплив статті (impact) визначається кількістю цитат і категорією журналу. Отже, для аналізу публікацій (рейтингу) у ЗМІ ми надали можливість рейтингувати статті з використанням зовнішніх експертів, таких як сервіс від IBM Watson

Personality Insights. Це дає можливість отримувати характеристики або ознаки новинних статей та інших публікацій, такі як фальш, агресія, емоційність тощо, з надійного джерела (IBM Watson). Потім користувач фільтрує отриману інформацію залежно від особистих уподобань за допомогою налаштування фільтрів особистих переваг. IBM Watson – жорсткий фільтр, а портал – гнучкі вагові коефіцієнти. Для автора публікації головне завдання, щоб його статті мали популярність у читачів, тому вони будуть максимально зацікавлені у проходженні фільтрів сервісу Personality Insights. У свою чергу, читачі можуть використовувати завдяки порталу багато фільтрів: наприклад, ми хочемо читати новини від автора, який має вищу освіту, максимально відкритим згідно з персональними характеристиками автора та який відповідає моїм ідеалам, таким як свобода та відкритість.

Висновки і пропозиції. Ми розглянули можливість заміни онтології, яка описує академічну галузь на онтологію новин на основі інтелектуального сервісу від IBM Watson. Розроблений сервіс надає зручний інструментарій для обробки та аналізу новинного контенту.

Застосовуючи для реалізації семантичного фільтру новинної інформації інтелектуальні технології, ми маємо великі можливості для вдосконалення сервісу. Наприклад, ми можемо розширити онтологію, доповнюючи її новими поняттями. Це допоможе нам оцінювати не тільки статті або авторів, а й компанії, в яких ці журналісти працюють, їх джерела фінансування, заангажованість або кількість неправдивих або необ'єктивних новин, опублікованих цими компаніями. Використовуючи можливості порталу, ми зможемо робити висновки про об'єктивність інформації за допомогою експертів. Вибір експертів може спиратися на особисті вподобання користувача – за його особистою системою цінностей. Такий сервіс може стати у нагоді в новій галузі – журналістика даних, але така журналістика включає обробку великого обсягу інформації, що не під силу звичайному журналісту.

У майбутньому ми також плануємо підключити новинне API або rss-стрічку для автоматизації процесу отримування та обробки новинної інформації.

Список використаних джерел

1. *Personality Insights, documentation* [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://console.bluemix.net/docs/services/personality-insights/getting-started.html#getting-started-tutorial>.
2. *The science behind the service* [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://console.bluemix.net/docs/services/personality-insights/science.html#science>.
3. H. Wache, T. Vugele, U. Visser, H. Stuckenschmidt, G. Schuster, H. Neumann, and S. Hübner, "Ontology-based Integration of Information - A Survey of Existing Approaches". In: Proceedings of IJCAI-01 Workshop: Ontologies and Information Sharing, Seattle, WA, 2001, pp. 108–117.
4. Terziyan V., Golovianko M., Shevchenko O., Semantic Portal as a Tool for Structural Reform of the Ukrainian Educational System, In: Information Technology for Development, Vol. 21, No. 3, 2015, Taylor & Francis, pp. 381–402.

References

1. *Personality Insights, documentation*. Retrieved from <https://console.bluemix.net/docs/services/personality-insights/getting-started.html#getting-started-tutorial>.
2. *The science behind the service*. Retrieved from <https://console.bluemix.net/docs/services/personality-insights/science.html#science>.
3. H. Wache, T. Vugele, U. Visser, H. Stuckenschmidt, G. Schuster, H. Neumann, and S. Hübner, "Ontology-based Integration of Information - A Survey of Existing Approaches". In: Proceedings of IJCAI-01 Workshop: Ontologies and Information Sharing, Seattle, WA, 2001, pp. 108–117.
4. Terziyan V., Golovianko M., Shevchenko O., Semantic Portal as a Tool for Structural Reform of the Ukrainian Educational System, In: *Information Technology for Development*, Vol. 21, No. 3, 2015, Taylor & Francis, pp. 381–402.

Kirill Titov

THE USE OF COGNITIVE COMPUTING TECHNOLOGIES AND SEMANTIC INFORMATION PROCESSING TO FILTER NEWS ACCORDING TO PERSONALIZED PREFERENCES OF THE USER

Urgency of the research. Processing, analyzing and filtering such huge arrays of news data using artificial intelligence methods is a topical issue for the modern world.

Target setting. In this article we researched the problems of processing multidimensional, objective, news information from different sources and methods of filtering received information.

Actual scientific researches and issues analysis. Recently, in many European countries grows interest in developing methods to solve this problem. Many European politicians, such as the federal electoral commissioner Dieter Zarreiter (FRG), are concerned about the state of affairs: «Citizens and the media must be particularly careful about the news during this election campaign. It should be known that attempts are being made to manipulate them».

Uninvestigated parts of general matters defining. With the development of Internet technologies, we got access to various information, including the news, but recently, there was a problem of obtaining not just information but facts with concrete confirmation.

The research objective. The goal of this article is to study the methods of semantic analysis of news content from various sources, based on the transformation of information into an ontological presentation form, as well as the development of a method for obtaining and processing news information.

The statement of basic materials. The article outlines one of the solutions to the problem of filtering news information using the semantic portal and intelligent services from IBM Watson. We recommend using an ontology to describe the subject area of «news» and constructing user filters based on this ontology.

Conclusions. We reviewed the possibility of replacing the ontology that describes the academic branch on the ontology of news based on the intelligent service from IBM Watson. The developed service provides a convenient tool for processing and analysis of news content.

Key words: Semantic WEB; OWL; RDFS; XML; IBM Watson; Filtering; News; Objectivity (Unbiased).

Bibl.: 4.

УДК 004.8

Кирилл Титов

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ КОГНИТИВНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ И СЕМАНТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ФИЛЬТРАЦИИ НОВОСТЕЙ ПО ПЕРСОНАЛЬНЫМ ПРЕДПОЧТЕНИЯМ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ

В статье исследованы проблемы обработки многоаспектной новостной информации из разных источников, а также методы фильтрации полученной информации. Также рассмотрены методы искусственного интеллекта, с помощью которых можно решить данные проблемы. Изложен один из вариантов решения проблемы фильтрации новостной информации с помощью семантического портала и интеллектуальных сервисов от компании IBM Watson. Целью данной статьи является исследование методов семантического анализа новостного контента с различных источников на основе преобразования информации в онтологическую форму представления, а также разработка метода получения и обработки новостной информации.

Ключевые слова: Semantic WEB; OWL; RDFS; XML; IBM Watson; фильтрация; новости; объективность; беспристрастность.

Библ.: 4.

Титов Кирило Юрійович – аспірант ХНУРЕ (просп. Науки, 14, м. Харків, Харківська область, 61000, Україна).

Титов Кирилл Юрьевич – аспирант ХНУРЕ (просп. Науки, 14, г. Харьков, Харьковская область, 61000, Украина).

Titov Kirill – Phd student KNURE (14 Nauky Av., 61000 Kharkiv, Ukraine).

E-mail: kirill90titov@gmail.com

РОЗДІЛ V. ЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОНІКА

УДК 621.3.052-027.541

DOI: 10.25140/2411-5363-2017-3(9)-144-154

Юрій Денисов

АВТОНОМНЫЙ ИНВЕРТОР НАПРЯЖЕНИЯ КАК ЗВЕНО АВТОРЕГУЛИРОВАНИЯ ЛОКАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ВЫСОКОЙ ТОЧНОСТИ

Актуальность темы исследования. Разработка систем локального и бесперебойного электроснабжения требует более точных подходов к представлению инвертора напряжения звеном системы автоматического регулирования. В работе учитываются особенности частотно-временных характеристик АИН как звена замкнутой системы автоматического регулирования. Нахождение передаточной функции АИН для различных способов регулирования выходного напряжения является актуальным.

Постановка проблемы. Регулирование выходного напряжения АИН осуществляется импульсным методом. Существующие методы обладают рядом недостатков. Существующие подходы к представлению передаточных функций АИН для различных способов регулирования выходного напряжения сводятся к учёту лишь основной гармоники, когда АИН представляется безинерционным звеном с коэффициентом передачи. Решение поставленной задачи можно получить по результатам аппроксимации выходного напряжения АИН базисом полной системы дискретных ортогональных функций Уолша, которые по своей форме адекватны форме аппроксимируемого напряжения.

Анализ последних исследований и публикаций. В существующих на данный момент работах показано, что метод синусоидальной ШИМ позволяет получить максимальное значение основной гармоники. Это даёт основание говорить о том, что этот метод не связан с большой погрешностью при анализе систем с АИН.

Выделение недостижимых частей общей проблемы. В работах по данной тематике инвертор представлен звеном системы автоматического регулирования, но для систем локального электроснабжения невысокой точности.

Постановка задания. Проведем аппроксимацию выходного напряжения АИН рядом Уолша-Фурье, что в дальнейшем позволит получить его передаточные функции, содержащие результат замены, импульсного регулирования, регулирования по длительности и синусоидальной ШИМ.

Изложение основного материала. Для анализа инвертора получаем матрицы возможных состояний для различных законов модуляции. По результатам аппроксимации выходного напряжения АИН базисом полной системы дискретных ортогональных функций Уолша, которые по своей форме адекватны форме аппроксимируемого напряжения, получены законы модуляции для различных зон и передаточные функции, это в дальнейшем позволит получить выражение частотных характеристик АИН.

Выводы. Аппроксимация выходного напряжения АИН рядом Уолша-Фурье позволила получить его передаточные функции, что дает возможность использовать теорию линейных и нелинейных импульсных систем для анализа и синтеза систем силовой электроники высокой точности, содержащие звенья с глубоким широтно-импульсным регулированием.

Ключевые слова: инвертор; функция Уолша; вектор-столбец.

Рис.: 4. Библ.: 4.

Введение. В замкнутых локальных системах электроснабжения переменного тока автономный инвертор напряжения (АИН), помимо преобразования электромагнитной энергии, выполняет ещё и функцию звена передачи информации об отклонениях регулируемых параметров (напряжения, тока, частоты) под действием возмущений. Особенности частотно-временных характеристик АИН как звена замкнутой системы, содержатся в его передаточной функции, нахождение которой для различных способов регулирования выходного напряжения является целью настоящей работы.

Постановка цели и задачи исследования. Регулирование выходного напряжения АИН осуществляется импульсным методом, когда полуволны выходного напряжения заполняются высокочастотными импульсами переменной длительности с постоянным периодом следования, рис. 1, а; регулирование по длительности сводится к изменению продолжительности импульсов выходного напряжения, рис. 1, в. Недостатком этих методов является большой вес гармоник, близлежащих к основной гармонике выходного напряжения. В меньшей степени этот недостаток присущ импульсному методу. Однако наиболее эффективным является регулирование посредством широтно-импульсной модуляции полуволн выходного напряжения по синусоидальному закону, рис. 1, и, к. Этот метод позволяет получить минимальный вес гармоник, близлежащих к основной гармонике. Существующие подходы к представлению передаточных функций АИН для различных

способов регулирования выходного напряжения сводятся к учёту лишь основной гармоник, когда АИН представляется безинерционным звеном с коэффициентом передачи

$$K_{\text{АИН}} = \frac{\Delta U_{d1}}{\sum_{i=1}^K \Delta \gamma_i},$$

где ΔU_{d1} — отклонение действующего значения основной гармоники при изменении суммарной скважности управляющих импульсов на периоде выходного напряжения;

$\Delta \gamma_i = \frac{\Delta t_i}{T}$ — отклонение скважность i -го импульса в процессе регулирования;

K — количество импульсов за период T на выходе системы управления АИН.

Поскольку метод синусоидальной ШИМ позволяет получить максимальное значение основной гармоники, то это даёт основание говорить о том, что этот метод не связан с большой погрешностью при анализе систем с АИН. Тем более что на выходе АИН часто присутствуют фильтры, подавляющие значительную часть спектра выходного напряжения. Действующее значение тока синусоидальной формы эквивалентно (по энергетическому содержанию) соответствующей величине постоянного тока. Поэтому оценка коэффициента усиления АИН по действующему значению основной гармоники выходного напряжения в нелинейных системах высокой точности означают его замену непрерывным безинерционным звеном.

В таких системах возможно появление скрытых колебаний (предельных циклов), амплитуда которых может быть значительной даже в установившемся режиме, превосходящей допустимое отклонение регулируемого параметра. Для оценки параметров предельных циклов (амплитуды, частоты) необходимо установить тип нелинейности АИН как звена регулирования системы высокой точности. Решение поставленной задачи можно получить по результатам аппроксимации выходного напряжения АИН базисом полной системы дискретных ортогональных функций Уолша [3], которые по своей форме адекватны форме аппроксимируемого напряжения.

Цели и задачи настоящей статьи состоят в нахождении передаточных функций АИН как дискретных нелинейных звеньев систем высокой точности для различных способов регулирования выходного напряжения.

Матрицы возможных состояний АИН. Реализация преобразования Фурье по системе ФУ сводится к перемножению вектора средних значений аппроксимируемого сигнала по интервалам дискретности и матрицы Уолша. Результатом является вектор коэффициентов Уолша $\left[\bar{A}^{W_{aci}} \right] = \frac{1}{2N} \cdot \left[\Delta \bar{U}_i \right] \cdot [W]$, где N — порядок системы ФУ. Характер нелинейности по каждой ФУ установим в статическом режиме, изменяя величину входного сигнала АИН. Такой же подход имеет место и тогда, когда устанавливаются тип нелинейностей звеньев при гармоническом анализе в базисе тригонометрических функций. По аналогии с быстрым преобразованием Фурье разработан алгоритм быстрого преобразования Уолша, позволяющий получить искомый результат с минимальными затратами времени.

На рис. 1 представлены закономерности изменения амплитуд ФУ для трёх способов регулирования выходного напряжения АИН: импульсного, рис. 1, б; по длительности, рис. 1, г, д, ж; посредством ШИМ по синусоидальному закону, рис. 1, л. Разложение выполнено по восьми ФУ для единичных относительных значений амплитуды и периода следования выходного напряжения АИН: $\bar{T} = 1; \bar{U}_{\text{АИН}} = 1; \bar{T}_{\text{оп}} = 0,1$ — относительный период опорного напряжения. Закономерность изменения коэффициентов усиления $K^{\text{wali}} = \frac{\Delta U^{\text{wali}}}{\Delta t}$, по каждой функции Уолша в пределах единичного периода можно представить в виде матрицы возможных состояний (МВС), порядок которых определяется

количеством $Z = 2^N$, функций, участвующих в разложении. Величина ΔU^{wali} определяется отклонением амплитуды соответствующей функции на интервале $\bar{\Delta}t = \frac{1}{Z}$.

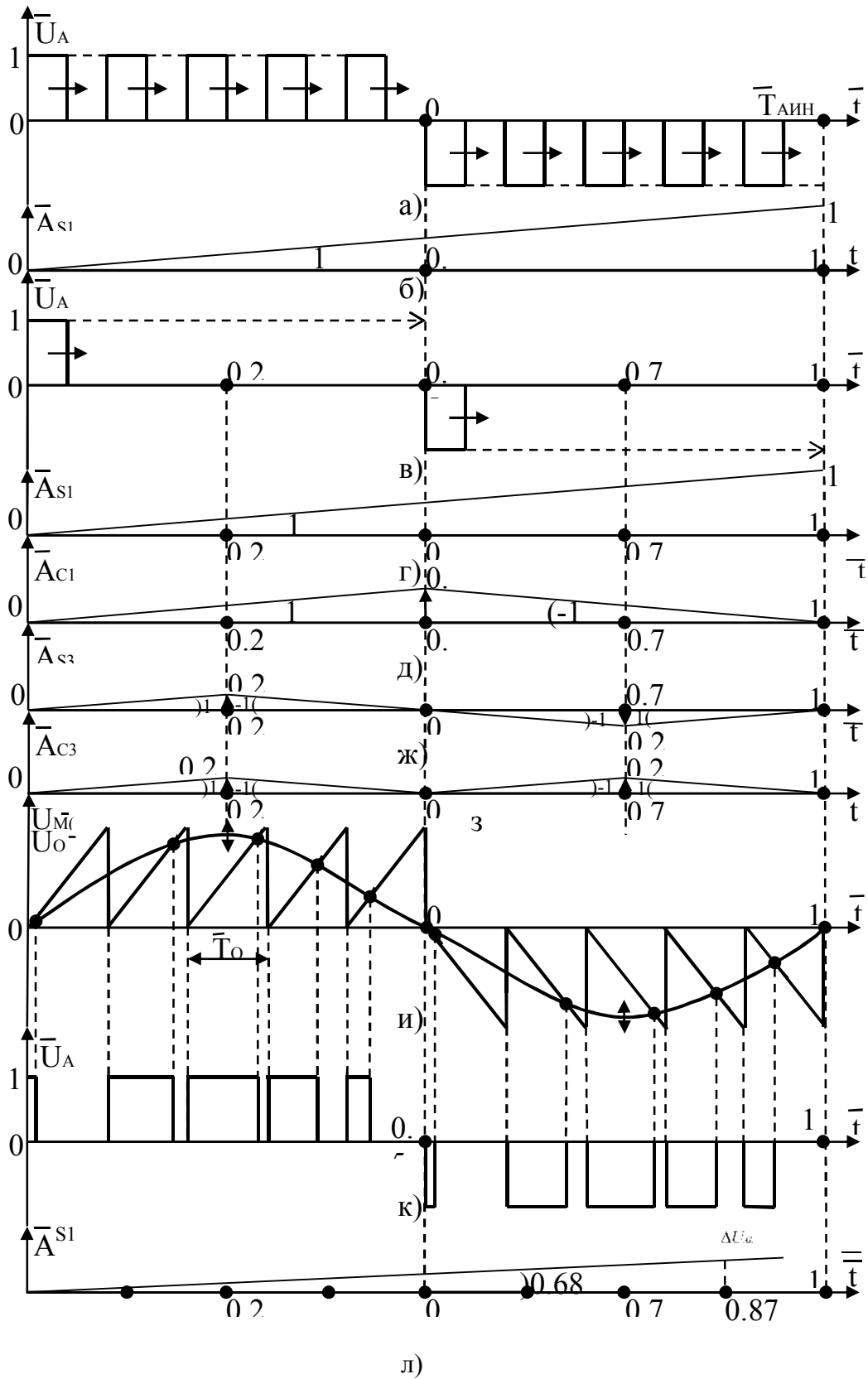


Рис. 1. Функции Уолша в процессе регулирования

На основании модуляционных характеристик рис. 1, получаем МВС для трех способов регулирования выходного напряжения АИН. Для импульсного метода регулирования

$$[MBC]_{II} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{matrix} Wal0, \bar{t} \\ Sal1, \bar{t} \\ Cal1, \bar{t} \\ Sal2, \bar{t} \\ Cal2, \bar{t} \\ Sal3, \bar{t} \\ Cal3, \bar{t} \\ Sal4, \bar{t} \end{matrix} \quad (1)$$

Она имеет лишь одну ненулевую строку, относящуюся к функции $Sal1, \bar{t}$. В процессе регулирования «по длительности» (рис. 1, в, з, д, ж, з) в спектре выходного напряжения присутствуют четыре ФУ: $Sal1, \bar{t}$; $Cal1, \bar{t}$; $Sal3, \bar{t}$; $Cal3, \bar{t}$. По интервалам дискретности происходит смена знака коэффициентов усиления. Это соответствует смене знака соответствующей функции на единичном периоде следования. Матрица возможных состояний для этого способа регулирования выходного напряжения

$$[MBC]_{II} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{matrix} Wal0, \bar{t} \\ Sal1, \bar{t} \\ Cal1, \bar{t} \\ Sal2, \bar{t} \\ Cal2, \bar{t} \\ Sal3, \bar{t} \\ Cal3, \bar{t} \\ Sal4, \bar{t} \end{matrix} \quad (2)$$

Регулирование выходного напряжения АИН посредством синусоидальной широтно-импульсной модуляции происходит в процессе изменения амплитуды модулирующего напряжения $U_M(\bar{t})$. Длительность модулированных импульсов на единичном периоде определяется положениями контактных точек на каждом периоде опорного напряжения $U_M(\bar{t})$ по результатам решения трансцендентного уравнения.

$$\bar{U}_M(\bar{t}_i) - \frac{\bar{U}_{МОП}}{\bar{T}_{ОП}}(\bar{t} - i\bar{T}_{ОП}) = 0, \text{ где } i\bar{T}_{ОП} \leq \bar{t}_i \leq (i+1)\bar{T}_{ОП}, U_{МОП} = 1 - \text{относительная амплитуда}$$

туда опорного напряжения, $\bar{T}_{ОП} = \frac{T_{ОП}}{T}$ – относительный период следования опорного

напряжения, $i=0, 1, 2 \dots K, K = \frac{T}{T_{ОП}}$ – количество модулированных импульсов на еди-

ничном периоде, $\bar{U}_M(\bar{t}_i) = \frac{U_M(\bar{t}_i)}{U_{МАКОП}}$ – относительное значение модулирующего напряжения.

Результат разложения в ряд Уолша-Фурье последовательностей широтно-модулированных по закону синуса импульсов для $K = 10$ показал, что амплитуды модулированных функций кроме $Sal1, \bar{t}$, либо равны нулю, либо имеют вторые или третьи порядки малости. Амплитуды функций $Sal1, \bar{t}$, в ограниченном диапазоне регулирования изменяется по линейному закону с коэффициентом усиления равным 0,68. Ограничение диапазона регулирования вызвано минимальным и максимальным уровня изме-

нения амплитуды модулирующего напряжения из условия сохранения синусоидального закона ШИМ. Амплитуды функций, имеющих значение близких к нулю, изменяются по кусочно-линейному закону, как в случае регулирования по длительности. Поэтому при их учете МВС для метода синусоидальной ШИМ будет такой же, как и для метода регулирования по длительности с соответствующими коэффициентами усиления в ее строках. Если учесть лишь одну функцию $Sal1, \bar{t}$, то МВС для метода синусоидальной ШИМ будет иметь следующий вид:

$$[MBC]_{III} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 10 & 0.68 & 0.68 & 0.68 & 0.68 & 0.68 & 0.68 & 10 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{matrix} Wal0, \bar{t} \\ Sal1, \bar{t} \\ Cal1, \bar{t} \\ Sal2, \bar{t} \\ Cal2, \bar{t} \\ Sal3, \bar{t} \\ Cal3, \bar{t} \\ Sal4, \bar{t} \end{matrix}, \quad (3)$$

Передаточные функции АИН. С учетом матрицы возможных состояний [1] разомкнутую структурную схему АИН с импульсным регулированием представим одноконтурной дискретной системой (рис. 2).

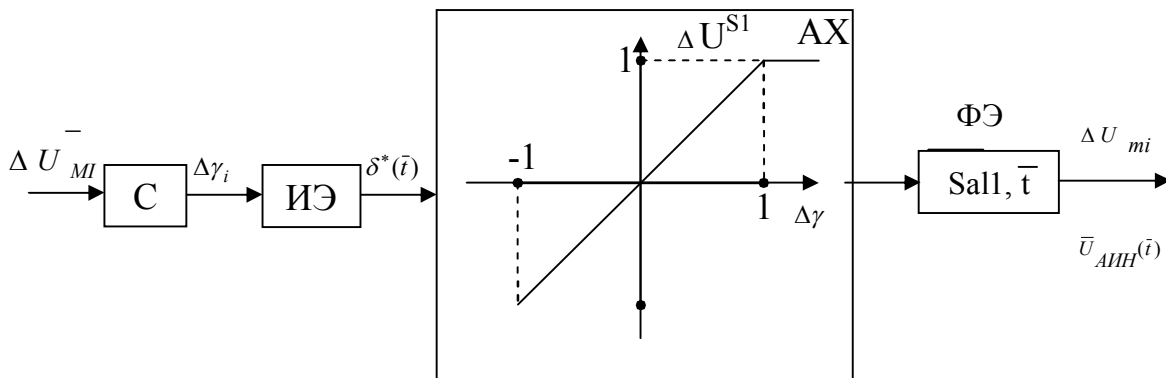


Рис. 2. АИН как одноконтурное звено системы

Коэффициент усиления системы управления

$$K_{CV} = \frac{\Delta\gamma_i}{\Delta\bar{U}_{Mi}}, \text{ где } \Delta\gamma_i = \sum_{i=0}^K \Delta\gamma_i \text{ — суммарное отклонение скважности К-импульсов, за-}$$

полняющих полуволны выходного напряжения АИН, $\Delta\gamma_i = \frac{\Delta t_i}{T_{AIN}}$ — отклонение скважности i -того импульса для i -того отклонения модулирующего напряжения $\Delta\bar{U}_{Mi}$. Импульсный элемент (ИЭ) формирует мгновенные импульсы $\delta(\bar{t})$, следующие с относительным периодом $\bar{T}_{AIN} = 1$ и амплитудой $\Delta\gamma$.

Амплитудная характеристика (АХ) импульсного элемента отражает собой изменения относительной амплитуды функции $Sal(1, \bar{t})$ в процессе изменения скважности $\Delta\gamma$. Она представляет собой нелинейность типа насыщения с линейным участком в диапазоне $-1 \leq \Delta\gamma \leq 1$. Передаточная функция формирующего элемента (ФЭ) представляет собой преобразованную по Лапласу функцию $Sal(1, \bar{t})$:

$$K_{\Phi\bar{E}}(p) = \frac{1 - 2e^{-0.5pt} + e^{-pt}}{p}.$$

Для перехода к относительному комплексному переменному передаточную функцию $K_{\Phi\Xi}(p)$ необходимо умножить на $\frac{1}{T}$ и заменить $p = \frac{q}{T}$. В результате получаем, что

$$K_{\Phi\Xi}(q) = \frac{1 - 2e^{-0,5q} + e^{-q}}{q}. \quad (4)$$

Результат разложения регулируемого напряжения на выходе АИН в ряд Уолша позволил процесс широтно-импульсной модуляции совокупности высокочастотных импульсов заменить эквивалентной амплитудно-импульсной модуляции одной функции Уолша. Зависимость её амплитуды от суммарной скважности линейна в пределах единичного интервала с зоной насыщения на его концах. Результат выполненной аппроксимации позволяет использовать теорию линейных и нелинейных [4] импульсных систем для анализа и оптимизации динамических процессов в локальных системах электроснабжения, содержащих звенья с глубокой широтно-импульсной модуляцией. Очевидно, что аппроксимация выходного напряжения АИН одной функцией $Sal\ 1, \bar{t}$ связана с гораздо меньшей погрешностью, чем его аппроксимация одной тригонометрической функцией. С учетом матрицы возможных состояний (2) структурная схема АИН как звена системы представлена на рис. 3. Она содержит четыре контура, что соответствует количеству ненулевых строк МВС. Каждый контур включает в себя импульсный элемент (ИЭ), амплитудную характеристику (АХ) и формирующий элемент (ФЭ). Очевидно, что регулирование длительности полуволн выходного напряжения АИН сводится к нелинейной амплитудно-импульсной модуляции соответствующей ФУ. Характер нелинейности каждого контура определяется амплитудной характеристикой, которая для функции $Sal\ 1, \bar{t}$ является нелинейностью «насыщения», а для остальных ФУ — это кусочно-линейные зависимости, каждую из которых можно представить совокупностью линейных зависимостей и соответствующего количества типовых нелинейностей с различными значениями зон нечувствительности [3].

Передаточная функция системы (рис. 3) представляет собой сумму передаточных функций отдельных каналов по интервалам дискретности, количество которых определяется функцией Радемахера наиболее высокого порядка, присутствующей в разложении. Такой же результат можно получить, если перемножить транспонированную матрицу возможных состояний и вектор передаточных функций формирующих элементов, которые представляют собой изображения по Лапласу соответствующих ФУ. Результатом перемножения матрицы на вектор является вектор, размерность которого определяется количеством ненулевых строк МВС, т. е.

$$[K_{АИН}(q)] = [MBC]^T \cdot \begin{bmatrix} L(Wal0, \bar{t}) \\ L(Sal1, \bar{t}) \\ \dots \\ L(Wali, \bar{t}) \end{bmatrix},$$

где $Z=2^N$ — количество функций Уолша. В рассматриваемом случае $Z=8$, $N=3$.

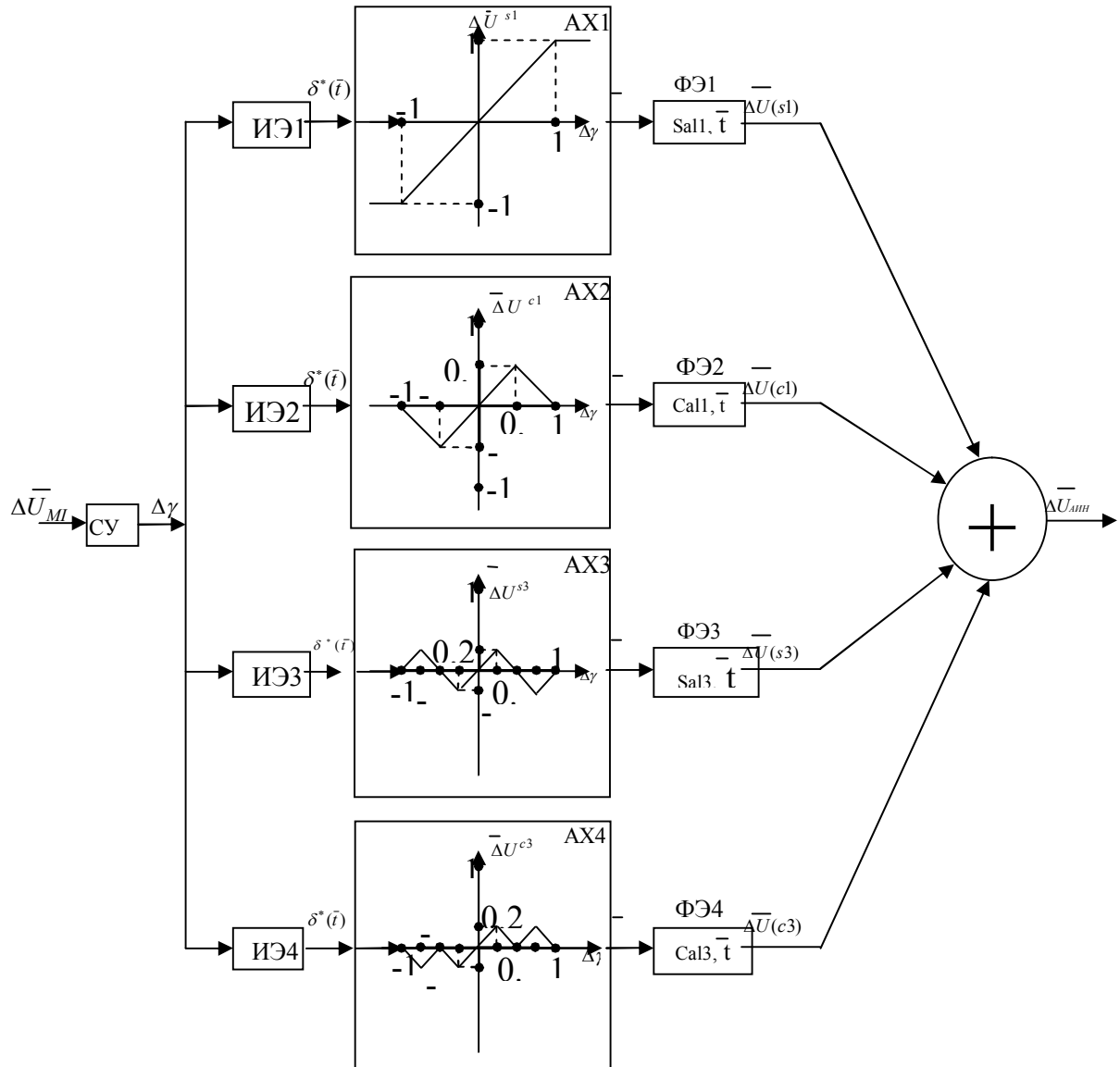


Рис. 3. АИН как многоконтурное звено системы

Изображения по Лапласу ФУ (формирующих элементов) рис. 3 для ненулевых строк МВС имеют следующий вид:

$$K_{\phi_1}(q) = \frac{1 - 2e^{-0,5q} + e^{-q}}{q}; K_{\phi_2}(q) = \frac{1 - 2e^{-0,25q} + 2e^{-0,75q} - e^{-q}}{q}$$

$$K_{\phi_3}(q) = \frac{1 - 2e^{-0,125q} + 2(-1)^k \sum_{k=0}^2 e^{-(0,375+0,125k)q} - 2e^{-0,875q} + e^{-q}}{P}$$

$$K_{\phi_4}(q) = \frac{1 - 2(-1)^k \sum_{k=0}^2 e^{-(0,125+0,125k)q} + 2(-1)^k \sum e^{-(0,125+0,125k)q} - e^{-q}}{q}$$

В результате перемножения транспонированной матрицы возможных состояний и вектора передаточных функций формирующих элементов получим m-тую компоненту вектора передаточной функции АИН, выходное напряжения которого регулируется «по длительности».

$$K'_{АИН}(q)_m = n \frac{e^{-\frac{mq}{Z}} - e^{-\frac{m+1}{Z}q}}{q} (1 - e^{-0,5q}), \tag{5}$$

где $q = pT$.

Вектор передаточной функции имеет размерность $m=0,1,2,\dots,n-1$, где $n=4$ — количество ненулевых строк [МВС], $Z=8$ — количество ФУ, участвующих в разложении.

Каждая компонента вектора передаточной функции справедлива для ограниченного временного интервала: $\frac{m}{Z} \leq \Delta \bar{t}_m \leq \frac{m+1}{Z}$.

В отличие от импульсного метода регулирования, где линейность системы сохраняется на всём единичном временном интервале, АИН с регулированием «по длительности» можно рассматривать как линейное импульсное звено лишь в пределах конечной области $\Delta \bar{t}_m$, ширина которой зависит от полосы пропускания нагрузки и заданной погрешности анализа, что учитывается при выборе количества аппроксимирующих функций Уолша [3].

С учетом матрицы возможных состояний (3) АИН с синусоидальной ШИМ представляется одноконтурной структурной схемой (рис. 4).

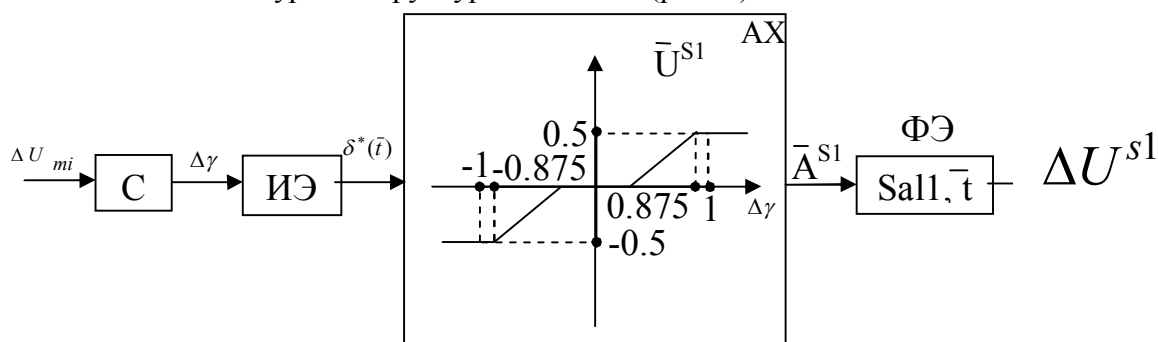


Рис. 4. АИН как звено системы с синусоидальной ШИМ

В схеме рис. 4 амплитудная характеристика (АХ) линейна в диапазоне изменения скважности $0,125 \leq \Delta \gamma_i \leq 0,875$. Ограниченность диапазона регулирования по сравнению с импульсным методом вызвана ограничением амплитуды модулирующего напряжения из условия сохранения синусоидального закона ШИМ, который реализует вертикальная система управления. Для такой системы динамический коэффициент усиления $K_{cy} = K_0 F$, где $K_0 = \frac{d\bar{t}}{dU_{оп}(t)}$ — статический коэффициент усиления системы управления,

$$F = \frac{1}{1 - \frac{dU_{оп}(t)/dt}{dU_M(t)/dt}} - \text{фактор пульсаций.}$$

Особенность «синусоидальной» ШИМ, реализуемой вертикальной системой управления состоит в том, что в пределах полупериодов модулирующего напряжения знак производной опорного напряжения остается постоянным, а знак производной модулирующего напряжения $\frac{dU_M(i)}{dt}$ на каждой четверти периода изменяется на противоположный. Поэтому в одном случае фактор пульсаций будет больше единицы, а в другом случае — меньше единицы. Поскольку коэффициенты Уолша вычисляются по средним значениям отклонения выходного напряжения АИН на отдельных интервалах, то очевидно, что фактор пульсаций в пределах периода выходного напряжения не будет оказывать влияние на его величину.

Частотные характеристики АИН можно получить из соответствующих передаточных функций (4),(5) при подстановке $q = j\bar{\omega}$, где $\bar{\omega} = \omega T$ – относительная частота, пределы изменения которой $0 \div 2\pi$. Для импульсного метода регулирования в пределах линейного участка амплитудной характеристики импульсного элемента частотная характеристика

$$K(j\omega) = K_n^{s1} \frac{1 - 2e^{-0.5j\bar{\omega}} + e^{-j\bar{\omega}}}{j\bar{\omega}},$$

где $K_n^{s1} = 1$ – коэффициент усиления импульсного элемента канала формирования функции $S_{al} 1, t$.

Частотная характеристика в тригонометрической форме записи

$$K(j\omega) = \text{Re}(\bar{\omega}) + jQ(\bar{\omega}),$$

$$\text{где } \text{Re}(\bar{\omega}) = \frac{2K_n^{s1}(1 - \cos 0.5\bar{\omega})}{\bar{\omega}} \sin 0.5\bar{\omega},$$

$$Q(\bar{\omega}) = -\frac{2K_n^{s1}(1 - \cos 0.5\bar{\omega})}{\bar{\omega}} \cos 0.5\bar{\omega}.$$

В показательной форме записи

$$K(j\omega) = \frac{2K_n^{s1}(1 - \cos(0,5\bar{\omega}))}{\bar{\omega}} \cdot e^{-j(\text{arctg}(\text{ctg} \frac{\bar{\omega}}{2}))}, \quad (6)$$

$$\text{где } \text{arctg}(\text{ctg} \frac{\bar{\omega}}{2}) = \frac{\bar{\omega}}{2}.$$

Для метода регулирования по длительности частотная характеристика АИН

$$K(j\omega) = n \frac{2K_n^{s1}(1 - \cos(0,5\bar{\omega}))}{\bar{\omega}} \cdot e^{-j(\text{arctg}(\text{ctg} \frac{\bar{\omega}}{2}))},$$

$$\text{для которой } \text{Re}(\bar{\omega}) = \frac{4n}{\bar{\omega}} \sin 0,25\bar{\omega} \sin\left(\frac{m+0,5}{z} + 0,25\right)\bar{\omega} \sin \frac{\bar{\omega}}{2z},$$

$$Q(\bar{\omega}) = \frac{4n}{\bar{\omega}} \sin 0,25\bar{\omega} \cos\left(\frac{m+0,5}{z} + 0,25\right)\bar{\omega} \sin \frac{\bar{\omega}}{2z}.$$

Частотная характеристика АИН в показательной форме записи

$$K(\bar{\omega}) = \frac{4n}{\bar{\omega}} \sin 0,25\bar{\omega} \cdot \sin \frac{\bar{\omega}}{2z} e^{-j\psi(\bar{\omega})} \quad (7),$$

$$\text{где } \psi(\bar{\omega}) = \text{arctag}\left(\frac{m+0,5}{z} + 0,25\right)\bar{\omega} = \left(\frac{m+0,5}{z} + 0,25\right)\bar{\omega}.$$

Очевидно, что модуль частотной характеристики АИН, выходное напряжение которого регулируется по длительности, остается постоянным. В пределах зон регулирования изменяется лишь фазовый сдвиг $\psi(\bar{\omega})$, который зависит от номера зоны регули-

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

рования m . Частотные характеристики АИН с синусоидальной ШИМ повторяют частотную характеристику (6) (с учетом $K_{\mu}^{sl}=0,68$) при учете одной функции $Sal(1, \bar{t})$, либо частотную характеристику (7), если учитывать малые амплитуды других функций. По выражениям (6), (7) можно построить амплитудо-частотные и фазо-частотные характеристики АИН с различными способами регулирования выходного напряжения.

Выводы. Аппроксимация выходного напряжения АИН рядом Уолша-Фурье позволила получить его передаточные функции, содержащие результат замены, импульсного регулирования, регулирования по длительности и синусоидальной ШИМ эквивалентной нелинейной амплитудо-импульсной модуляцией, что дает возможность использовать теорию линейных и нелинейных импульсных систем [2; 4] для анализа и синтеза систем силовой электроники высокой точности, содержащие звенья с глубоким широтно-импульсным регулированием.

Список использованных источников

1. Булгаков А. А. Исследование квазинепрерывных систем / А. А. Булгаков. – М. : Наука, 1973. – 101 с.
2. Цыпкин Я. З. Теория линейных импульсных систем / Я. З. Цыпкин. – М. : Физматгиз, 1963. – 968 с.
3. Денисов А. И. Вентильные преобразователи в системах точной стабилизации / А. И. Денисов, В. М. Зволинский, Ю. В. Руденко. – К. : Наукова думка, 1997. – 250 с.
4. Цыпкин Я. З. Теория нелинейных импульсных систем / Я. З. Цыпкин, Ю. С. Попков. – М. : Наука, 1973. – 414 с.

References

1. Bulgakov, A.A. (1973). *Issledovanie kvazinepreryvnykh sistem [Quasi-continuous systems design]*. Moscow: Nauka (in Russian).
2. Tsyppkin, I.Z. (1963). *Teoriia lineinykh impulsnykh sistem [Theory of linear pulse systems]*. Moscow: Fizmatgiz (in Russian).
3. Denisov, A.I., Zvolinskii, V.M., Rudenko, U.V. (1997). *Ventilnye preobrazovateli v sistemakh tochnoi stabilizatsii [Pulse converters in stabilization systems precision]*. Kiev: Naukova dumka (in Russian).
4. Tsyppkin, A.Z., Popkov, I.U. (1973). *Teoriia nelineinykh impulsnykh sistem [Theory of nonlinear pulse systems]*. Moscow: Nauka (in Russian).

UDC 621.3.052-027.541

Yuri Denisov

AUTONOMY VOLTAGE INVERTER AS A PART OF AUTO-REGULATION OF LOCAL HIGH-VOLTAGE POWER SUPPLY SYSTEM

Urgency of the research. The development of local and uninterruptible power supply systems requires more precise approaches to the representation of the voltage inverter as a unit of the automatic control system. In the paper the features of the frequency-time characteristics of DC/AC voltage converter, as a unit of a closed-loop automatic control system, are taken into account. The derivation of transfer function is relevant for different methods of the output voltage regulation.

Target setting. DC/AC converter's output voltage regulation is carried out by the pulse method. The existing methods have a number of disadvantages. The existing approaches to representation of DC/AC converter's transfer functions for various methods of output voltage regulation are reduced by taking into account only fundamental harmonic, when the DC/AC represented as a non-inertial unit with a transfer factor. The solution of the problem can be obtained from the results of the output voltage approximation of the DC/AC converter by the basis of the complete system of discrete orthogonal Walsh functions, which are adequate in their form to the form of the approximated voltage.

Actual scientific researches and issues analysis. The currently existing works show that the sinusoidal PWM method allows to obtain the maximum value of the fundamental harmonic and this gives grounds to say that this method is not associated with a large error within the analysis of systems with DC/AC converter.

Uninvestigated parts of general matters defining. In publications on this subject, the inverter is represented as a unit of the automatic control system, but for low-precision local power supply systems.

The research objective. We will approximate the DC/AC converter's output voltage by the Walsh-Fourier series, which in the future will allow receiving its transfer functions containing the result of replacement of pulse regulation by length control and sinusoidal PWM.

The statement of basic materials. To analyze the inverter we obtain matrices of possible states for various modulation methods. Based on the results of the approximation of the DC/AC converter's output voltage by the basis of the complete system of discrete orthogonal Walsh functions, which are adequate in their form to the form of the approximated voltage, the modulation methods for different bands and transfer functions were obtained. This will subsequently allow getting the expressions of the DC/AC converter's frequency characteristics.

Conclusions. The approximation of the DC/AC converter's output voltage by the Walsh-Fourier series allowed to receive its transfer functions, which makes it possible to use the theory of linear and nonlinear pulse systems for the analysis and synthesis of high-precision power electronic systems containing units with deep pulse-width regulation.

Key words: inverter; Walsh functions; vector column.

Fig.: 4. Bibl.: 4.

УДК 621.3.052-027.541

Юрій Денисов

АВТОНОМНИЙ ІНВЕРТОР НАПРУГИ ЯК ЛАНЦЮГ АВТОРЕГУЛЮВАННЯ ЛОКАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ВИСОКОЇ ТОЧНОСТІ

За результатами розкладання напруги на виході автономного інвертора напруги (АІН) за системою функцій Уолша отримані матриці можливих станів для різних способів регулювання. У результаті їх перемноження з вектором-стовпцем функцій Уолша отримані вектори-стовпці передавальних функцій АІН з різними способами регулювання вихідної напруги

Ключові слова: інвертор; функція Уолша; вектор-стовпчик.

Рис.: 4. Бібл.: 4.

Денисов Юрій Александрович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой промышленной электроники, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, м. Чернигов, 14027, Украина).

Денисов Юрій Олександрович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри промислової електроніки, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

Denisov Yuri – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Industrial Electronics, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: den71td@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2293-7964>

ResearcherID: G-1144-2016

РОЗДІЛ VI. ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВОЇ ТА ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

УДК 613.2.032.33

DOI: 10.25140/2411-5363-2017-3(9)-155-162

Юлія Мотузка

ЖИРНОКИСЛОТНИЙ СКЛАД ПРОДУКТІВ ДЛЯ ЕНТЕРАЛЬНОГО ХАРЧУВАННЯ

Актуальність теми дослідження. Ліпіди як інгредієнти у продуктах для ентерального харчування є структурними елементами мембран і модуляторами біохімічних процесів. Вміст жирних кислот у продуктах для ентерального харчування є головною детермінантою типу ліпідів, ліпідний склад яких визначає їх структуру, в'язкість і рецепторні функції.

Постановка проблеми. Продукти для ентерального харчування з вмістом ліпідів здійснюють сприятливий вплив на показники імунітету; зменшують імовірність інфекційних ускладнень, підвищують показники доставки кисню до організму.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Багато наукових праць зосереджено на проблематиці впливу жирних кислот на метаболічні процеси організму і рекомендаціях щодо їх вмісту у харчуванні хворих.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Більшість досліджень присвячені вивченню впливу певних жирних кислот на організм хворих та ефективності препаратів для параентерального харчування. Однак майже відсутні дослідження жирнокислотного складу продуктів для ентерального харчування.

Метою роботи є дослідження жирнокислотного складу та показників біологічної ефективності ліпідів розроблених продуктів для ентерального харчування.

Виклад основного матеріалу. Досліджено жирнокислотний склад продуктів для ентерального харчування, призначених для хворих з певними захворюваннями, у різних товарних формах. У продуктах для ентерального харчування ідентифіковано понад 30 жирних кислот, переважну більшість з яких становлять есенціальні поліненасичені жирні кислоти. Ліпіди продуктів для ентерального харчування характеризуються високими значеннями показників біологічної ефективності. Ця ж тенденція визначена й у сухих сумішах для пудингів та драгелеподібних продуктах для ентерального харчування.

Висновки. Встановлено, що жирнокислотний склад розроблених продуктів є збалансованим, співвідношення між насиченими, моно- та поліненасиченими жирними кислотами у продуктах відповідає направленості продуктів.

Ключові слова: жирнокислотний склад; продукти для ентерального харчування; якість; біологічна ефективність ліпідів; ω -3 жирні кислоти.

Табл.: 3. Бібл.: 17.

Постановка проблеми. Ліпіди як інгредієнти у продуктах для ентерального харчування поряд із виконанням функцій компактного носія енергії є структурними елементами мембран і модуляторами біохімічних процесів. Ці речовини виконують важливу функцію контролю проникності клітинної мембрани [1].

Науковими дослідженнями встановлено, що використання жирів у нутритивній підтримці зосереджувалося як на забезпеченні калорійної густини (9 ккал/г) ізотонічного джерела енергії, так і на забезпеченні вмісту незамінної лінолевої кислоти. Залежно від характеру захворювання джерело жиру дійсно може моделювати відповідь на стрес і травму. Вміст жирних кислот у продуктах для ентерального харчування є головною детермінантою типу ліпідів, включених у клітинні мембрани, ліпідний склад яких визначає їх структуру, в'язкість і рецепторні функції. При політравмі рівень лінолевої кислоти у крові швидко знижуються і процес прогресує, якщо заміщення амінокислот подавляє ліполіз. Лінолева кислота в організмі перетворюється в арахідонову, що сприяє збільшенню виробленню ейкозаноїдів [2]. Науковцями підтверджено протекторну дію ω -3 жирних кислот на судини, що покладено в основу нової терапевтичної концепції, що має на меті покращення окислення при сепсисі [3].

Продукти для ентерального харчування, що мають у своєму складі комбінацію довго- і середньоланцюгових тригліцеридів, відповідно до проведених досліджень, покращують показники імунітету; зменшують ймовірність інфекційних ускладнень, зокрема абсцесів черевної порожнини [4]. Введення до складу продуктів довголанцюгових тригліцеридів зумовлює опосередковану ейкозаноїдами імунну відповідь, що включає підвищення клітинних захисних функцій і зниження системної запальної реакції [5]. Тому

для підтвердження біологічної цінності й ефективності від споживання розроблених продуктів для ентерального харчування вбачається за доцільне провести дослідження їх жирнокислотного складу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вплив ліпідів на функціональний стан людини досліджували такі провідні вчені, як Chen P.M., Wang J.Y., Sun L.C., Furst P., Kuhn K.S., Ball M.J., Heller A.R., Grimble R., Беляев О. В. та ін. Багато наукових праць присвячено проблемі впливу ω -3 та ω -6 жирних кислот на метаболічні процеси організму і рекомендаціям щодо їх вмісту у харчуванні людей з різними захворюваннями [1; 6–9].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Більшість із проведених досліджень стосується вивчення впливу певних жирних кислот чи їх родин на організм хворих. Також досить ґрунтовно у наукових працях досліджено ефективність препаратів для параентерального харчування. Разом із тим майже відсутні дослідження жирнокислотного складу та показників біологічної ефективності ліпідів продуктів для ентерального харчування.

Мета статті. Головною метою роботи є дослідження жирнокислотного складу та показників біологічної ефективності ліпідів розроблених продуктів для ентерального харчування.

Виклад основного матеріалу. У роботі досліджено жирнокислотний склад продуктів для ентерального харчування призначених для хворих з певними захворюваннями у різних товарних формах, зокрема, сухих розчинних продуктів, драгледоподібних продуктів та сухих сумішей для виготовлення пудингів для ентерального харчування, зокрема:

Як контрольні зразки обрано:

– для сухих розчинних продуктів – продукт «Resource Optimum» виробництва компанії «Nestle» (Швейцарія) – контроль 1; продукт «Реабілакт» вітчизняного виробництва – ТОВ «ДелМас» – контроль 2;

– для драгледоподібних продуктів – продукт «Гематоген», виробництва ПП «Осіріс», Україна, м. Дніпропетровськ;

– для сухих сумішей для виготовлення пудингу – продукт «Пудинг з ванільним смаком» виробництва ТОВ «Др. Оеткер», Румунія.

Жирнокислотний склад продуктів визначали методом газової хроматографії на хроматографі HRGC 5300 (Італія) [10; 11].

Результати дослідження жирнокислотного складу продуктів для ентерального харчування наведено в табл. 1.

Таблиця 1

*Жирнокислотний склад сухих розчинних продуктів
для ентерального харчування*

Жирна кислота	Середня масова частка у продуктах, %					
	Контроль 1	Контроль 2	Vitalprod-Combi	Vitalprod-Diabet	Vitalprod-Forte	Vitalprod-Renal
1	2	3	4	5	6	7
3:0 Масляна	0,04	0,05	0,10	0,04	0,03	0,10
7:0 Каприлова	-	0,05	-	0,02	0,01	-
9:0 Капринова	0,94	0,12	0,40	0,37	0,45	0,42
10:0 Ундецилова	0,02	0,13	0,12	0,03	0,02	0,14
11:0 Лауринова	1,09	0,22	0,52	1,01	0,91	0,05
12:1 Лауролейнова	0,07	0,87	0,03	0,02	0,03	1,06
12:0 Тридеканова	0,07	0,90	1,05	0,06	0,08	0,42
14:0 Ізоміристинова	0,07	0,02	0,05	0,01	0,03	0,05

Закінчення табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
14:0 Міристинова	5,72	1,27	2,64	1,20	2,51	2,09
14:1 Міристоклеїнова	0,60	1,75	0,54	0,10	0,40	2,33
13:0 Тетрадекадієнова	0,32	0,17	0,45	0,07	0,17	0,01
15:0 Пентадеканова	1,11	3,95	0,77	2,05	1,29	1,90
16:0 Ізопальмітинова	0,17	-	0,01	0,07	0,06	0,02
16:0 Пальмітинова	18,41	13,85	14,3	13,14	18,93	15,2
16:1 Пальмітолеїнова	1,59	1,95	1,21	1,24	0,87	0,48
16:2 Гексадекадієнова	0,47	0,08	0,10	0,15	0,16	0,22
17:0 Маргарінова	0,63	1,25	0,80	0,45	0,60	1,04
17:0 Гептадеценева	0,18	1,4	0,9	0,10	0,13	2,00
18:0 Стеаринова	9,92	9,01	7,24	5,27	4,16	5,28
18:1 Олеїнова	22,62	20,5	20,14	17,8	17,70	19,5
18:2 Лінолева	25,50	26,1	30,41	28,12	27,33	29,0
18:3 α -ліноленова	3,43	2,84	4,81	6,52	5,06	2,85
20:0 Арахідова	0,34	-	0,01	0,23	0,33	0,05
20:1 Гондова	0,18	2,08	2,84	1,94	1,14	0,55
21:0 Генейкозанова	0,08	2,18	1,42	0,03	0,05	1,75
20:3 Ейкозатрієнова	0,03	0,24	0,34	0,02	-	0,20
20:4 Арахідонова	0,33	0,78	1,25	5,05	1,31	5,25
22:0 Бегенова	0,81	1,78	1,15	1,28	1,10	1,58
цис 20:5 Ейкозопентаєнова	0,40	-	-	0,04	0,12	-
22:2 Докозодієнова	0,06	1,06	0,15	0,10	0,10	0,06
22:3 Докозотрієнова	0,45	0,02	0,22	0,73	0,27	0,24
22:4 Докозотетраєнова	-	0,32	0,15	0,09	1,87	1,03
24:0 Лігноцерінова	1,31	0,02	0,02	2,55	4,02	0,17
22:6 Докозогексаєнова	3,04	5,04	6,86	10,10	8,98	6,02

За результатами дослідження встановлено, що у продуктах для ентерального харчування ідентифіковано понад 30 жирних кислот, переважну більшість з яких становлять есенціальні поліненасичені жирні кислоти. Насичені жирні кислоти (НЖК) переважно представлені пальмітиновою (13,4...18,9 % від загальної маси усіх жирних кислот), стеариновою (4,2...7,2 %) та бегеновою (1,1...1,8 %) кислотами, мононенасичені жирні кислоти – олеїною (17,8...20,1 %), гондовою (0,6...2,9 %), поліненасичені жирні кислоти – лінолевою (27,3...30,4 %), α -ліноленовою (2,9...6,5 %), арахідоною (1,3...5,3 %) та докозогексаєною (6,0...10,1 %) кислотами. Вміст поліненасичених жирних кислот (ПНЖК) у продуктах перевищує вміст насичених і мононенасичених (МНЖК) в 1,5-2 рази.

Основними джерелами жирних кислот у розроблених продуктах є концентрат молочної сироватки, соєвий ізолят, екстракт ω -3 жирних кислот, соєвий лецитин (містить 10 % докозагексаєнової кислоти (22:6 ω -3), лецитин, аскорбат натрію, екстракт токоферолу). До того ж у продукті «Vitalprod- Diabet» додатково джерелом ω -3 жирних кислот є екстракт гарбузового насіння.

Експериментально встановлено, що ліпіди продуктів для ентерального харчування характеризуються високими значеннями показників біологічної ефективності (табл. 2).

Показники біологічної ефективності ліпідів у продуктах
для ентерального харчування

Показники	Продукти для ентерального харчування					
	Контроль 1	Контроль 2	Vitalprod-Combi	Vitalprod-Diabet	Vitalprod-Forte	Vitalprod-Renal
Сума НЖК	41,05	35,76	31,05	27,88	34,75	30,27
Сума МНЖК	25,24	28,55	25,66	21,20	20,09	24,63
Сума ПНЖК, з яких:	33,71	36,48	44,29	50,92	45,16	44,87
Сума омега-3 жирних кислот	6,87	7,88	12,67	16,62	14,00	8,87
Сума омега-6 жирних кислот	25,83	26,80	30,66	33,17	28,64	34,25
Співвідношення ПНЖК : МНЖК : НЖК	1 : 0,6 : 0,8	1 : 0,8 : 1	1 : 0,6 : 0,7	1 : 0,45 : 0,7	1 : 0,4 : 0,8	1 : 0,6 : 0,7
Співвідношення ω -6 до ω 3 жирних кислот	3,8:1	3,4:1	2,7:1	2,0:1	2,0:1	3,9:1

В обміні речовин організму людей у критичних станах беруть участь такі ПНЖК, як лінолева, ліноленова, арахідонова, пальмітолеїнова, олеїнова, та ейкозопентаєнова, які були ідентифіковані у досліджуваних продуктах. Відзначено високий вміст у продуктах есенціальних для людини α -ліноленової та лінолевої жирних кислот – 2,9...6,5 та 27,3...30,4 % відповідно, які є попередниками родин довголанцюгових ПНЖК, що виконують в організмі пластичну та регуляторну функції.

У країнах ЄС раціональне співвідношення ω -6: ω -3 жирних кислот у харчуванні визначено на рівні 16:1. Для профілактики серцево-судинних захворювань рекомендується зменшити споживання ω -6-жирних кислот (1-10 % від загального об'єму енергії), збільшити споживання ω -3 жирних кислот (до 0,2-2,5 %) так, щоб співвідношення ω -6: ω -3 становило 5:1 [12]. За науковими даними, ідеальне співвідношення ω -6: ω -3 жирних кислот для пацієнтів з ризиком прогресування синдрому системної запальної відповіді становить 2:1-4:1. Крім цього, для забезпечення антиоксидантного статусу і виключення перекисного окислення ліпідів продукти для ентерального харчування повинні містити достатню кількість жиророзчинних вітамінів, зокрема вітаміну Е [13–16]. У дорослого пацієнта у критичному стані потреба в незамінних жирних кислотах стає: в лінолевої кислоті – 9-12 г/добу, α -ліноленовій – 1-3 г/добу [7].

Експериментально встановлено високий вміст омега-3 ПНЖК у розроблених продуктах для ентерального харчування – від 8,87 до 19,62 % від загальної маси ліпідів. Найвищий вміст омега-3 ПНЖК виявлено у продукті «Vitalprod-Diabet» – 19,62 %. Співвідношення ω -6: ω -3 жирних кислот у продукті «Vitalprod-Diabet» становить 2,0:1, що є оптимальним та дає підґрунтя рекомендувати цей продукт для використання у ранні строки після операційних втручань при обмеженому засвоєнні жирів у хворих з порушеннями функцій травної системи.

Кількість та співвідношення арахідонової та докозагексаєнової кислот визначає функції клітинної мембрани. ПНЖК змінюють клітинний метаболізм відповідно до змін в умовах середовища. Внаслідок цього мембранні ферменти (у зв'язку з ПНЖК) набувають більшої стабільності й здатності до здійснення електрофізіологічної активності (тканини мозку, сітківка ока) [17]. За результатами проведених досліджень встановлено високий вміст арахідонової (1,3...5,3 %) та докозагексаєнової (6,0...10,1 %) кислот у розроблених продуктах для ентерального харчування.

Наявність високого вмісту поліненасичених (44,3 %), мононенасичених (25,7 %) жирних кислот у продукті «Vitalprod-Combi» гіпотетично має справляти позитивний

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

вплив на інтенсивне лікування контингенту опікових хворих. Продукт «Vitalprod-Forte» характеризується високим вмістом ліпідів, серед яких поліненасичені жирні кислоти становлять 45,16 %, серед яких переважаючою є докозагексаєнова кислота, та співвідношення ω -6: ω -3 жирних кислот на рівні 2,0:1, що є сприятливим для підтримання імунної функції хворих та направлено на забезпечення протизапальної дії. У продукті «Vitalprod-Renal» співвідношення ω -6: ω -3 становить 3,9:1, що є оптимальним для нормалізації азотистого балансу, зменшення клінічних проявів уремічного синдрому і продовження тривалості міждіалізного періоду. При цьому дослідні зразки переважають контрольні за вмістом ω -6: ω -3 жирних кислот.

Отже, розроблені сухі розчинні продукти для ентерального харчування мають високий вміст поліненасичених жирних кислот та відповідне рекомендованому співвідношення ω -6 : ω -3 жирних кислот. Це є необхідним для підтримки і відновлення бар'єрної функції кишечника, підвищення антиоксидантного захисту, корекції специфічних метаболічних та імунологічних порушень, зумовлених активацією медіаторів запалення.

Ця ж тенденція щодо якісного складу жирних кислот визначена й у сухих сумішах для пудингів та драглеподібних продуктах для ентерального харчування. Експериментально встановлено, що ліпіди розроблених продуктів характеризуються високими значеннями показників біологічної ефективності (табл. 3).

Таблиця 3

*Показники біологічної ефективності ліпідів продуктів
для ентерального харчування*

Показники	Продукти для ентерального харчування				
	Контроль	Vitalprod-Combi	Vitalprod-Diabet	Vitalprod-Forte	Vitalprod-Renal
Драглеподібні харчові продукти					
Сума НЖК, %	54,2	34,11	36,10	35,84	35,18
Сума МНЖК, %	33,7	28,44	20,86	23,14	24,68
Сума ПНЖК, з яких:	12,1	37,45	43,04	41,02	40,14
сума ω -3 жирних кислот, %	0,82	9,1	12,05	11,85	8,02
сума ω -6 жирних кислот, %	9,40	24,8	30,14	25,64	30,50
Співвідношення ПНЖК : МНЖК : НЖК	0,2 : 0,6 : 1	1 : 0,8 : 0,9	1 : 0,5 : 0,8	1 : 0,6 : 0,9	1 : 0,6 : 0,9
Співвідношення ω -6 до ω -3 жирних кислот	11,5:1	2,7:1	2,5:1	2,2:1	3,8:1
Сухі суміші для виготовлення пудингів					
Сума НЖК, %	88,6	34,52	30,08	32,62	34,54
Сума МНЖК, %	11,4	25,40	23,18	25,21	27,04
Сума ПНЖК, з яких:	-	39,86	46,74	42,17	38,42
сума ω -3 жирних кислот, %	-	10,67	14,8	12,30	7,8
сума ω -6 жирних кислот, %	-	26,80	29,5	28,50	29,07
Співвідношення ПНЖК : МНЖК : НЖК	0: 0,1 : 0,9	1 : 0,6 : 0,8	1 : 0,5 : 0,6	1 : 0,6 : 0,8	1 : 0,7 : 0,9
Співвідношення ω -6 до ω -3 жирних кислот	-	2,5:1	2,0:1	2,3:1	3,7:1

Аналіз даних табл. 3 засвідчив, що драглеподібні продукти для ентерального харчування мають високий вміст ПНЖК (37,5...43,0 %), що на 25,35...30,9 % більше, ніж у контролі. Співвідношення ω -6 до ω -3 жирних кислот у продуктах відповідає рекомендаціям, що свідчить про можливість їх використання у ранні строки після операційних втручань при обмеженому засвоєнні жирів у хворих з порушеннями функцій травної системи.

Найвищий вміст омега-3 ПНЖК виявлено у продукті «Vitalprod-Diabet gel» – 12,05 %, при цьому співвідношення ω -6: ω -3 жирних кислот становить 2,5:1. За результатами проведених досліджень встановлено високий вміст арахідонової (1,2...4,1 %) та докозагексаєнової (3,1...6,8 %) кислот у розроблених драглеподібних продуктах для ентерального харчування.

Сухі суміші для виготовлення пудингу мають високий вміст ПНЖК (38,4...46,7 %), а співвідношення ω -6: ω -3 знаходиться в межах 2,0:1 (продукт «Vitalprod-Diabet pudding») до 3,7:1 (продукт «Vitalprod-Renal pudding»). У контрольному зразку не знайдено поліненасичених жирних кислот, а переважають насичені жирні кислоти (88,6 %) за рахунок вмісту у складі кукурудзяного крохмалю, при цьому відсутність ω -3 жирних кислот не забезпечує можливість адекватного поповнення енергетичних потреб хворих.

Висновки і пропозиції. Таким чином, встановлено, що жирнокислотний склад розроблених продуктів є збалансованим, співвідношення між насиченими, моно- та поліненасиченими жирними кислотами у продуктах відповідає направленості продуктів. Це, у свою чергу, сприяє засвоюваності продуктів у шлунково-кишковому тракті і забезпечує можливість адекватного поповнення енергетичних потреб хворих та високий ступінь утилізації жирних кислот, особливо при порушеннях перетравлювання та всмоктування.

Список використаних джерел

1. Ball M.J. Parenteral nutrition in the critically ill: use of a medium chain triglyceride emulsion / M. J. Ball // Intensive Care Med. – 1993. – Vol. 19. – Pp. 89–95.
2. Cairns P.A., Stalker D.T. Carnitine supplementation of parenterally fed neonates / P. A. Cairns, D. T. Stalker // Cochrane Database Syst. Rev. – 2000: CD000950.
3. Мак-Мюррей У. Обмен веществ у человека : пер. с англ. / У. Мак-Мюррей. – М. : Мир, 1980. – 368 с.
4. Chiolerio R.L. Omega-3 fatty acids in acutely ill patients / R.L. Chiolerio, M.M. Berger // Gin. Nutr. Suppl. – 2007. – Vol. 2. – Pp. 9–12.
5. Pharmaceutical and clinical aspects of parenteral lipid emulsions in neonatology / D. F. Driscoll, B. R. Bistran, H. Demmelair et al. // Clin. Nutr. – 2008. – Vol. 27. – Pp. 497–503.
6. Efficacy of medium-chain triglycerides compared with long-chain triglycerides in total parenteral nutrition in patients with digestive tract cancer undergoing surgery if Kaohsiung / P. M. Chen, J. Y. Wang, L. C. Sun et al. // J. Med. Sci. – 2005. – Vol. 21. – Pp. 487–494.
7. Furst P., Kuhn K.S. Fish oil emulsions: what benefit can they bring? / P. Furst, K. S. Kuhn // Clin. Nutr. – 2000. – Vol. 19. – Pp. 7–14.
8. Grimble R. Fatty acid profile of modern lipid emulsions: scientific considerations for creating the ideal composition / R. Grimble // Clin. Nutr. Suppl. – 2005. – Vol. 1. – Pp. 9–15.
9. Беляев О. В. Парентеральное и энтеральное питание в интенсивной терапии / О. В. Беляев. – К. : КИМ, 2009. – 344 с.
10. Байдалинова Л. С. Методические рекомендации и указания по газовой хроматографии жирных кислот / Л. С. Байдалинова, В. С. Кривич, Л. П. Бахолдина. – Калининград, 1977. – 33 с.
11. Рогов И. А. Химия пищи : учебник / И. А. Рогов, Л. В. Антипова, Н. И. Дунченко. – М. : Колос С, 2007. – 853 с.
12. Grau T., Riuz de Adana J.C., Zubillaga S. et al. Randomized study of two different fat emulsions in total parenteral nutrition of malnourished surgical patients; effect of infectious morbidity and mortality // Nutr. Hosp. – 2003. – Vol. 18. – Pp. 159–166.
13. Grimm H. Immunonutrition - supplementary amino acids and fatty acids ameliorate immune deficiency in critically ill patients / Grimm H., Kraus A. // Langenbecks Arch. Surg. – 2001. – Vol. 386. – Pp. 369–376.
14. Omega-3 fatty acids improve the diagnosis-related clinical outcome / Heller A.R., Rossler S., Litz R.J. et al. // Crit Care Med. – 2006. – Vol. 34. – Pp. 972–979.
15. What is the optimum n-3 to n-6 fatty acid ration of parenteral lipid emulsions in postoperative care? / Mrtion B.J., Torwesten E., Wrenger K. et al. // Clin. Nutr. – 1997. – Vol. 16 (Suppl. 2). – P. 49.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

16. Szeszycki E. E. Complications of parenteral feeding / E. E. Szeszycki, S. Benjamin // Nutrition support for the critically ill patient. A guide to practice. Gail Cresci (ed.). – London : Taylor&Francis Group, 2005. – Pp. 279–303.

17. Effect of different lipid emulsions on the immunological function in humans: a systematic review with meta-analysis / Wirtitsch M., Wessner B., Spittler A. et al. // Clin. Nutr. – 2007. – Vol. 26. – Pp. 302–313.

References

1. Ball, M.J. (1993). Parenteral nutrition in the critically ill: use of a medium chain triglyceride emulsion. *Intensive Care Med*, vol. 19, pp. 89–95.

2. Cairns, P.A., Stalker, D.T. Carnitine supplementation of parenterally fed neonates. *Cochrane Database Syst. Rev.* 2000: CD000950.

3. McMurray W. (1980). *Obmen veshchestv u cheloveka [Essentials of human metabolism]* (Translated from English). Moscow: Mir (in Russian).

4. Chiolero, R.L., Berger, M.M. (2007). Omega-3 fatty acids in acutely ill patients. *Gin. Nutr. Suppl.*, vol. 2, pp. 9–12.

5. Driscoll, D.F., Bistrain, B.R., Demmelair, H. et al. (2008). Pharmaceutical and clinical aspects of parenteral lipid emulsions in neonatology. *Clin. Nutr.*, vol. 27, pp. 497–503.

6. Chen, P.M., Wang, J.Y., Sun, L.C. et al. (2005). Efficacy of medium-chain triglycerides compared with long-chain triglycerides in total parenteral nutrition in patients with digestive tract cancer undergoing surgery if Kaohsiung. *J. Med. Sci.*, vol. 21, pp. 487–494.

7. Furst, P., Kuhn, K.S. (2000). Fish oil emulsions: what benefit can they bring? *Clin. Nutr.*, vol. 19, pp. 7–14.

8. Grimble, R. (2005). Fatty acid profile of modern lipid emulsions: scientific considerations for creating the ideal composition. *Clin. Nutr. Suppl.*, vol. 1, pp. 9–15.

9. Beliaev, O.V. (2009). *Parenteralnoe i enteralnoe pitanie v intensivnoi terapii [Parenteral and enteral nutrition in the intensive therapy]*. Kiev: KIM (in Russian).

10. Baidalinova, L.S., Krivich, V.S., Bakholdina, L.P. (1977). *Metodicheskiye rekomendatsii I ukazania po gazovoy khromatografii zhyrnykh kislot [Methodical recommendations and guidelines on gas chromatography of fatty acids]*. Kaliningrad (in Russian).

11. Rogov, I.A., Antipova, N.I., Dunchenko, N.I. (2007). *Khimia pishchi [Chemistry of food]*. Moscow: Kolos C (in Russian).

12. Grau T., Riuz de Adana J.C., Zubillaga S. et al. (2003). Randomized study of two different fat emulsions in total parenteral nutrition of malnourished surgical patients; effect of infectious morbidity and mortality. *Nutr. Hosp.*, vol. 18, pp. 159–166.

13. Grimm H., Kraus A. (2001). Immunonutrition – supplementary amino acids and fatty acids ameliorate immune deficiency in critically ill patients. *Langenbecks Arch. Surg.*, vol. 386, pp. 369–376.

14. Heller A.R., Rossler S., Litz R.J. et al. (2006). Omega-3 fatty acids improve the diagnosis-related clinical outcome. *Crit Care Med.*, vol. 34, pp. 972–979.

15. Mrtion, B.J., Torwesten, E., Wrenger, K. et al. (1997). What is the optimum n-3 to n-6 fatty acid ration of parenteral lipid emulsions in postoperative care? *Clin. Nutr.*, vol. 16 (Suppl. 2), p. 49.

16. Szeszycki, E.E., Benjamin, S. (2005). Complications of parenteral feeding. *Nutrition support for the critically ill patient. A guide to practice.* Gail Cresci (ed.). London: Taylor&Francis Group, pp. 279–303.

17. Wirtitsch, M., Wessner, B., Spittler, A. et al. (2007). Effect of different lipid emulsions on the immunological function in humans: a systematic review with meta-analysis. *Clin. Nutr.*, vol. 26, pp. 302–313.

UDC 613.2.032.33

Iuliia Motuzka

THE FATTY ACID COMPOSITION OF PRODUCTS FOR ENTERAL NUTRITION

Importance of the research. Lipids as ingredients in products for enteral nutrition are structural components of membranes and modulators of biochemical processes. The content of fatty acids in products for enteral nutrition is a key determinant of the lipid type which lipid composition determines their structure, viscosity and receptor functions.

Target setting. Products for enteral nutrition containing lipids have favourable influence on the immunity characteristics; they reduce the probability of infections and increase the level of oxygen delivery to the body.

Actual scientific research and issues analysis. Many scientific works are focused on problems related with the influence of fatty acids on metabolic processes in the body and recommendations on their contents in the nutrition of ill persons.

Uninvestigated parts of general matters defining. Most part of research is devoted to the influence of fatty acids on the body of ill persons and the efficiency of medicines for parenteral nutrition. Yet, research of fatty acid composition for enteral nutrition can hardly be found.

The research objective. The objective is to investigate the fatty and acid composition and characteristics of biological efficiency of lipids in developed products for enteral nutrition.

The statement of basic materials. The fatty acid composition of products for enteral nutrition, meant for persons with different types of illness, in various commodity forms, is investigated. More than 30 fatty acids are identified in the products for enteral nutrition, most part of which are essential polyunsaturated fatty acids. The lipids of products for enteral nutrition are characterized by high biological efficiency. The same tendency is found for dry mixtures for puddings for enteral nutrition.

Conclusions. It is found that the fatty and acid composition of developed products is balanced, and the ratio of saturated acids, mono-saturated acids and polyunsaturated fatty acids in the products conforms their purpose.

Key words: fatty acid composition; products for enteral nutrition; quality; biological efficiency of lipids; ω -3 fatty acids. Tabl.: 3. Bibl.: 17.

УДК 613.2.032.33

Юлия Мотузка

ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ ПРОДУКТОВ ДЛЯ ЭНТЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ

Липиды в качестве ингредиентов в продуктах для энтерального питания являются структурными элементами мембран и модуляторами биохимических процессов. Содержание жирных кислот в продуктах для энтерального питания является главной детерминантой типа липидов, липидный состав которых определяет их структуру, вязкость и рецепторные функции. Продукты для энтерального питания с содержанием липидов осуществляют благоприятное воздействие на показатели иммунитета, уменьшают вероятность инфекционных осложнений, повышают показатели доставки кислорода в организм. В работе представлены результаты исследований жирнокислотного состава продуктов для энтерального питания.

Ключевые слова: жирнокислотный состав; продукты для энтерального питания; качество; биологическая эффективность липидов; ω -3 жирные кислоты.

Табл.: 3. Библ.: 17.

Мотузка Юлія Миколаївна – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри товарознавства, управління безпечністю та якістю, Київський національний торговельно-економічний університет (вул. Кіото, 19, м. Київ, 02156, Україна).

Мотузка Юлия Николаевна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры товароведения, управления качеством и безопасностью, Киевский национальный торгово-экономический университет (ул. Кюто, 19, г. Киев, 02156, Украина).

Motuzka Iuliia – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Department of Commodity Science, Management of Safety and Quality, Kyiv National University of Trade and Economics (19 Kyoto Str., 02156 Kiev, Ukraine).

E-mail: unmot@ukr.net

Олена Хребтань, Іраїда Дудла, Алла Яковенко

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ВОЛОКНИСТОГО СКЛАДУ ШВЕЙНИХ ТОВАРІВ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ ТОВАРОЗНАВЧОЇ ЕКСПЕРТИЗИ

Актуальність дослідження. У продаж надходить велика кількість фальсифікованих за волокнистим складом одяжних виробів. Отже, розгляд інформації про методології перевірки якості є важливим завданням.

Постановка проблеми. Дослідження, наведені у статті, проводилися з метою перевірки інформації, що була наведена на маркуванні зразків, що реалізуються у роздрібній мережі м. Чернігова, на відповідність реальним результатам дослідження волокнистого складу тканин зразків.

Наявні наукові дослідження та аналіз проблем. На сьогодні не розроблені наукові методи для ідентифікації органолептичних індикаторів якості текстильних виробів. Велика кількість одягу, фальсифікованого за волокнистим складом, надходить у продаж.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Експертиза текстильних виробів найчастіше обмежується органолептичними методами дослідження.

Мета дослідження. Підтвердження відповідності інформації, вказаної в маркуванні зразків одягу, які реалізуються у роздрібній торговельній мережі міста Чернігова, фактичним результатам з ідентифікації волокнистого складу цих зразків.

Виклад основного матеріалу. Сьогодні основним нормативним документом, що регламентує методи дослідження волокон у текстильних виробках є ДСТУ 4057-2001 «Матеріали текстильні. Метод ідентифікації волокон». Згідно з вимогами цього документа текстильні вироби повинні мати на маркувальному ярлику відомості щодо їх сировинного складу. У стандарті зазначено, що перевірку вказаної на маркуванні інформації здійснюють за допомогою методів ідентифікації волокон. Якісний аналіз було використано для ідентифікації волокнистого складу за допомогою механічних та хімічних методів ідентифікації.

Висновок. Отже, працівникам торгівлі необхідно більшу увагу приділяти контролю та перевірці одяжних виробів, насамперед, за органолептичними ознаками для недопущення у продаж фальсифікованих товарів. У разі сумнівних результатів органолептичної оцінки виробів – звертатися до спеціалізованих закладів м. Чернігова.

Ключові слова: методи ідентифікації текстильних волокон; органолептичні характеристики текстильних виробів; хімічний аналіз; кількісний хімічний аналіз волокон.

Рис.: 2. Табл.: 6. Бібл.: 1.

Постановка проблеми. У продаж надходить велика кількість фальсифікованих за волокнистим складом одяжних виробів, що виявляється під час митного контролю, звичайних товарознавчих перевірок у підприємствах торгівлі. Виявлення фальсифікованих текстильних одяжних виробів здійснюється під час проведення товарознавчої експертизи.

Під час проведення експертизи текстильних виробів часто виникає необхідність ідентифікації волокнистого складу текстильних матеріалів, з яких виготовлені ці вироби. Сьогодні основним нормативним документом, що регламентує методи дослідження волокон у текстильних виробках, є ДСТУ 4057-2001 «Матеріали текстильні. Метод ідентифікації волокон» [1]. Згідно з вимогами цього документа текстильні вироби повинні мати на маркувальному ярлику відомості щодо їх сировинного складу. У стандарті зазначено, що перевірку вказаної на маркуванні інформації здійснюють за допомогою методів ідентифікації волокон.

За ДСТУ 4057-2001, у процесі якісного аналізу волокнистого складу текстильних товарів проводиться ідентифікація волокон, зазначених у маркуванні виробів, що здійснюється механічними або хімічними методами або комбінацією їх, без визначення масової частки кожної з волокнистих складових у матеріалі.

До якісного аналізу текстильних волокон відносяться такі методи:

- **механічні** – визначення характеру та поведінки при горінні, а також мікроскопічні дослідження волокон;

- **хімічний метод** – перевірка здатності до розчинення текстильних волокон у різних розчинниках.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Експертиза текстильних виробів найчастіше обмежується органолептичними методами дослідження. Фізико-хімічні (лабораторні) методи досліджень застосовуються дуже рідко, що пояснюється обов'язковим руйнуванням досліджуваних зразків текстильних матеріалів. Замовники експертизи часто не погоджуються на такі умови й обмежуються лише ор-

ганолептичними дослідженнями. Але, на жаль, органолептичні методи є суб'єктивними і не відображують всієї глибини експертних досліджень, що пов'язано з недостатньою кваліфікацією експертів, недосконалими умовами проведення експертизи, відсутністю реагентів, застосування тільки зорових і тактильних відчуттів експертів тощо.

Однак проведення повноцінних експертних досліджень з застосуванням і органолептичних, і фізико-хімічних методів стає все більш необхідним з огляду на те, що ринок України потерпає від недоброякісних підробок та відвертого фальсифікату, який є не таким безпечним, як здається.

Так, присутність великої кількості синтетичних волокон, що не зазначені у маркуванні текстильного одягу, вводять споживачів в оману і можуть спричинити алергію, підвищення артеріального тиску, дискомфорт підодягового шару.

Отже, проблема фальсифікату волокнистого складу текстильних одяжних виробів пов'язана зі збереженням здоров'я людини і потребує глибокого теоретичного та практичного дослідження.

Мета статті. Дослідження, висвітлені у статті, проводилися з метою підтвердження відповідності інформації, вказаної в маркуванні зразків одягу, які реалізуються у роздрібній торговельній мережі міста Чернігова, фактичним результатам з ідентифікації волокнистого складу цих зразків.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для проведення дослідження нами були відібрані зразки текстильного жіночого одягу (придбані в різних торговельних підприємствах міста Чернігова) з одно-, дво- і трикомпонентним волокнистим складом. На рис. 1 представлені досліджувані зразки текстильних виробів.



Рис. 1. Зовнішній вигляд досліджуваних зразків текстильних виробів, зліва на право: зразок № 1, 2, 3

На початку товарознавчої експертизи було ретельно перевірено інформацію на маркуванні, зазначену на спеціальних ярликах швейних виробів та проведено органолептичне дослідження зовнішнього виду цих зразків.

Маркування на ярликах досліджуваних зразків одяжних виробів представлено на рис. 2.



Рис. 2. Інформація з контрольних ярликів досліджуваних зразків швейних виробів, зліва направо: зразок № 1, 2, 3

Результати експертного дослідження зовнішнього виду зразків текстильних виробів за органолептичними ознаками, представлені у табл. 1.

Таблиця 1

Інформація щодо волокнистого складу з маркування досліджуваних зразків швейних виробів

Досліджуваний зразок. Торговельна марка, виробник	Волокнистий склад згідно з маркуванням	Характеристика туше поверхні зразка
Зразок № 1, HUONG, В'єтнам	100 % Cottone	Наявні ознаки у складі тканини зразка синтетичних волокон: поверхня гладка на дотик, відчуття холоду, незначний склоподібний блиск, пружність
Зразок № 2, ELIZABE, Китай	65 % Cottone, 35 % Polyester	На дотик поверхня текстильного виробу м'яка, рихла, тепла, помітні поодинокі ворсинки, що підтверджує наявність бавовняних волокон. Тканина добре розтягується, пружна, що вказує на наявність у складі еластичних синтетичних волокон
Зразок № 3, Miss Miss by Valentina, Італія	65 % Cottone, 33 % Nylon, 2 % Elastane	Тканина зразка шорсткувата, тепла, має високу розтяжність та еластичність

Як видно з табл. 1, за ознаками зовнішнього виду зразок № 1 – не відповідає характерним органолептичним ознакам натуральних волокон. У виробі чітко виражені ознаки синтетичних волокон – гладкість, пружність, жорсткуватість, наявність незначного блиску на поверхні. Досліджувані зразки № 2 і 3 за ознаками зовнішнього виду відповідають інформації з маркування щодо волокнистого складу. В цих текстильних виробках присутні ознаки натурального волокна бавовни і синтетичних волокон.

На підставі проведених органолептичних досліджень маркування та зовнішнього виду були складені товарознавчі характеристики зразків текстильних виробів, відібраних для проведення товарознавчої експертизи.

Експертна товарознавча характеристика досліджуваних зразків текстильних виробів

Зразок № 1 – Блузка жіноча. Фасон класичний, силует прямий. Застібка на гудзиках, наскрізна на планці; рукава вшивні, звужені до низу закінчуються манжетами із застібною на гудзиках; комір відкладний. Декоративне оформлення: гладке фарбування, гаптування верхньої половини переду полочок, фігурний вирізний край у полочках та комірці. Маркувальна стрічка знаходиться на внутрішній частині коміру, контрольна стрічка відсутня. У маркуванні зазначена така інформація: символ виробника, волокнистий склад – 100 % COTTON (100 % бавовняне волокно), SIZE (розмір): XL (відповідає українському 52 розміру) та символи по догляду за виробом на зворотній стороні стрічки (рекомендоване машинне прання при температурі не вище 40 °С; не застосовувати відбілювання; прасувати праскою, нагрітою до 150 °С; можна застосовувати хімічне чищення тетрахлоретиленом (перхлоретиленом), бензином).

Зразок № 2 – Блузка жіноча. Фасон фантазійний, силует напівприлягаючий. Застібка наскрізна на гудзиках на планці; рукава вшивні, укорочені, зібрані у проймі, знизу зібрані на резинці з декоративним хлястиком; комір відкладний. Декоративне оформлення – гладке фарбування. У блузці є три маркувальні стрічки: одна – на внутрішньому боці коміру з найменуванням фірми-виробника; друга і третя контрольні – у лівому та правому бічних внутрішніх швах з аналогічною інформацією: позначення торгової марки – TGM; артикулу ART 16001; волокнистий склад: 65% COTTON (65 % бавовняне волокно), 33 % NYLON (33 % – поліамідне волокно капрон), 2 % ELASTOMERO (2 % – поліефірне волокно лавсан); країна-виробник – MADE IN ITALY; символи по догляду (рекомендоване машинне прання при температурі не вище 30 °С; прасувати

при температурі нагріву праски не вище 110 °С; не можна відбілювати; не застосовувати хімічне чищення; не сушити у барабані пральної машини).

Зразок № 3 – Блузка жіноча. Фасон класичний з елементами спортивного стилю, силует прилягаючий. Застібка наскрізна на гудзиках на планці, рукава вшивні, укорочені; комір відкладний; кишені накладні з клапанами на гудзиках. З переду декоративна кокетка. Декоративне оформлення: гладке фарбування, прострочування кокетки, кишень та виточок чорною шовковою ниткою. Маркувальна стрічка знаходиться на внутрішній частині коміру, контрольна стрічка – у бічному шві стану виробу. У маркуванні зазначено: фірма-виробник – ELIZABE, розмір S (відповідає українському 46 розміру) – 65 % COTTON (65 % бавовняне волокно), 35 % POLYESTER (35 % – еластичне поліефірне волокно); символи по догляду (рекомендоване ручне прання при температурі не вище 30 °С; прасувати при температурі нагріву праски не вище 110 °С; не можна відбілювати; сушити у підвішеному стані).

Далі з кожного зразка швейного виробу формували проби для різних досліджень:

- для визначення характеру горіння готували проби розміром 2×2 см і розбирали їх на нитки основи й утку;
- для проведення дослідження поздовжнього і поперечного зрізу волокон готували проби розміром 2×3 см;
- для проведення хімічного аналізу волокнистого складу зразків готують проби масою 0,5–1,0 г.

Для ідентифікації волокнистого складу досліджуваних зразків швейних виробів ми застосовували один із найпростіших методів ідентифікації – механічний метод, сутність якого полягає у визначенні характеру горіння волокон (за ДСТУ 4057-2001, розділ 6, п. 6.1). Результати дослідження характеру горіння проб текстильних виробів наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Результати характеру горіння досліджуваних зразків

Досліджуваний зразок	Горіння			Вигляд залишку після горіння	Запах під час горіння
	У разі піднесення до полум'я	У полум'ї	У разі видалення з полум'я		
Зразок № 1	Інтенсивно плавиться в напрямку від полум'я	Горить, плавиться і виділяє чорний дим з кіптем	Горить повільно, затухає	Тверда кулька чорного кольору, що не розтирається пальцями	Не визначений
Зразок № 2	Не плавиться, загоряється повільно	Горить повільно, спостерігається незначне оплавлення з утворенням твердої кульки	Продовжує повільно горіти	Одночасно з появою попелу світло-сірого кольору, утворюється тверда кулька	Основний запах паленого паперу
Зразок № 3	Швидко плавиться і осаджується в напрямку від полум'я	Горить інтенсивно з плавленням, виділяє білий дим	Горить повільно	Утворюється легкий попіл світло-сірого кольору та жовтувата тверда кулька	Запах паленого паперу з відтінком запаху сургучу

Як видно з табл. 2, дослідний зразок № 1 за ознаками горіння не відповідає характерним ознакам горіння натурального волокна бавовни, вміст якого зазначений у маркуванні виробу. Фактичний стан зразка під час горіння відповідає ознакам синтетичного поліефірного волокна лавсан.

Зразки № 2 і 3 за отриманими результатами характеризуються всіма ознаками текстильних волокон, що вказані на маркуванні. Присутні ознаки у зразках натурального волокна бавовни та хімічних синтетичних волокон.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Важливим етапом ідентифікації волокнистого складу текстильних матеріалів та виробів є мікроскопічне дослідження, завдяки якому підтверджується вид волокна згідно з його повздовжнім та поперечним зрізом.

Дослідження структури волокон текстильних виробів проводили за допомогою монокулярного мікроскопу, марки XSP – 128 M. Результати дослідження текстильних виробів представлені в табл. 3.

Таблиця 3

Результати мікроскопічного дослідження повздовжнього та поперечного зрізу волокон досліджуваних зразків

Досліджуваний зразок	Основа/Уток	Повздовжній вигляд	Форма поперечного зрізу
Зразок № 1	О	Гладке однорідне волокно без повздовжніх смуг. Канал у волокнах відсутній	Правильна кругла
	У		
Зразок № 2	О	Волокно скручене по всій осі, наявний канал	Неправильний овал
	У	Гладке однорідне волокно без повздовжніх смуг	Кругла
Зразок № 3	О	Помітні стрічки, скручені вздовж осі, наявний канал	Злегка овальна
	У	Гладка поверхня волокна без смуг, стрічок, спостерігаються поодинокі волокна, облітають основне волокно по спіралі	Форма близька до округлої

З табл. 3 видно, що при мікроскопічному дослідженні структури волокон у зразку № 1 виявлені синтетичні волокна по основній і утоковій системам. У зразках № 2 і 3 наявні ознаки і натуральних волокон бавовни по основі, і синтетичних волокон по утку.

Для підтвердження попередніх досліджень та більш глибокого аналізу природи текстильних волокон у досліджуваних зразках швейних виробів нами була проведена хімічна ідентифікація волокнистого складу (за ДСТУ 4057-2001, розділ 7, п. 7.1, пп. 7.1.3.3 та розділ 8, п. 8.1). Сутність її проведення полягала у дії на волокна зразків хімічних реагентів, які розчиняли, змінювали колір або приводили до набрякання та розшарування досліджуваних волокон. Для зразка № 1 з однорідним волокнистим складом проводили повне розчинення проби в обраному за стандартом розчиннику за певних умов та спостерігали поведінку волокна в хімічному реагенті. Для зразків № 2 і 3 з неоднорідним волокнистим складом визначали різницю маси проби до і після оброблення хімічним реагентом, застосовували кількісний хімічний аналіз.

Результати хімічного аналізу волокнистого складу зразків наведені у табл. 5, 6, 7.

Результати хімічного аналізу однокомпонентного за складом зразка № 1 наведені у табл. 4.

Таблиця 4

Результати хімічного аналізу волокнистого складу досліджуваного зразка № 1

Досліджуваний зразок	Волокнистий склад зразка за виробничим маркуванням	Хімічні реактиви-розчинники	Результати дії розчинників та хімічних реагентів	Висновок щодо волокнистого складу зразка
Зразок № 1	100 % Cottone	1. Сірчана кислота (97-98 %-ва). 2. Азотна кислота (65 %-ва). 3. Водний розчин хлорцинкйоду 4. Спиртовий розчин хлорцинкйоду (5:1)	1. Не розчиняє. 2. Не має наявної дії. 3. Без змін, не фарбується. 4. Без змін не фарбується	Дія хімічних реагентів не підтверджує наявності у складі зразка волокна бавовни. Кольорові реакції різних розчинів хлорцинкйоду характерні для поліефірного волокна

Отже, зразок № 1 за волокнистим складом не підтверджує інформації з маркування виробу (100 % бавовна). За всіма ознаками у волокнистому складі зразка № 1 – 100 % поліефірне волокно лавсан.

Для двокомпонентних волокнистих сумішей волокон розчиненню підлягає волокно, що становить більшу частку сумішей. Нерозчинений залишок зважували та обчислювали вміст розчиненого компонента у відсотках за втратою маси.

Розчинник для випробувань вибирали такий, щоб він розчиняв тільки одне волокно, залишаючи нерозчиненим інше, яке входило до складу зразка.

Результати хімічного аналізу двокомпонентного за складом зразка № 2 наведені в табл. 5.

Таблиця 5

Результати хімічного аналізу волокнистого складу досліджуваного зразка № 2

Досліджуваний зразок	Волокнистий склад зразка за виробничим маркуванням	Хімічні реактиви-розчинники	Результати дії розчинників та хімічних реагентів	Висновок щодо волокнистого складу зразка
Зразок № 2	1. 65 % – Cottonne. 2. 35 % – Polyester	1. Сірчана кислота (70 %-ва-75 %-ва). 2. Фенол (90 %-й).	1. Повністю розчиняється. 2. Повністю розчиняється	Дія хімічних реагентів підтверджує наявність у складі зразка волокна бавовни. Кольорові реакції різних розчинів хлорцинкйоду характерні для поліефірного волокна

Фактичний кількісний склад зразка № 2 за проведеними обчисленнями, згідно з ДСТУ 4057-2001, розділу 8, пп. 8.1.9.2.1 та додатку Б, становить:

- 66,0 % волокна бавовни;
- 34,0 % поліефірного волокна поліестер.

Волокнистий склад трикомпонентного зразка № 3 визначали за другим варіантом, наведеним у стандарті ДСТУ 4057-2001, розділ 8, пп. 8.1.3.2. Готували дві проби текстильного матеріалу. В одній пробі розчиняли перший компонент (його у складі найбільша кількість – 65 % бавовняне волокно). В іншій пробі розчиняли другий за кількістю компонент зразка – синтетичне волокно нейлон (33 %).

Нерозчинені залишки з кожної проби зважували, а розчинені компоненти обчислювали за фактичними значеннями втрати маси проби.

Результати хімічного аналізу трикомпонентного за складом зразка № 3 наведено в табл. 6.

Таблиця 6

Результати хімічного аналізу волокнистого складу досліджуваного зразка № 3

Досліджуваний зразок	Волокнистий склад зразка за виробничим маркуванням	Хімічні реактиви-розчинники	Результати дії розчинників та хімічних реагентів	Висновок щодо волокнистого складу зразка
Зразок № 3	1. 65 % – Cottonne. 2. 33 % – Nylon. 3. 2 % – Elastane	1. Сірчана кислота (70 %-ва-75 %-ва). 2. Оцтова кислота 100 %; водний розчин хлорцинкйоду	1. Повністю розчиняється. 2. Повністю розчиняється. Під дією хлорцинкйоду волокно фарбується в жовтий колір	Дія хімічних реагентів підтверджує наявність у складі зразка волокна бавовни та поліамідного волокна нейлон

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Фактичний кількісний склад зразка № 3, за проведеними обчисленнями, згідно з ДСТУ 4057-2001, розділу 8, пп. 8.1.9.2.2 та додатку Б, становить:

- 64,5 % волокна бавовни;
- 33,4 % поліамідного волокна нейлон;
- 2,1 % поліуретанове волокно еластан.

Висновки і пропозиції. За результатами проведених досліджень щодо ідентифікації волокнистого складу зразків текстильних виробів встановили:

- зразок № 1 має у складі 100% синтетичне поліефірне волокно лавсан, що не відповідає зазначеному у маркуванні волокнистому складу виробу – 100 % бавовна. Отже, зразок № 1 – це фальсифікований за волокнистим складом швейний виріб;

- у зразка № 2 та зразка № 3 повністю підтвердився двокомпонентний та трикомпонентний волокнистий склад, відповідно, який був зазначений у маркуванні цих виробів.

Отже, працівникам торгівлі необхідно більшу увагу приділяти контролю та перевірці одяжних виробів, у першу чергу, за органолептичними ознаками, для недопущення у продаж фальсифікованих товарів. При сумнівних результатах органолептичної оцінки виробів звертатися до спеціалізованих закладів м. Чернігова (ДП «Чернігівстандартметрологія», Держпродспоживслужба та ін.), які мають юридичне право на проведення експертних досліджень та складання Акта експертизи, який може бути представлений у суді в разі виникнення суперечок з постачальником або виробником фальсифікованої та недоброякісної продукції.

Список використаних джерел

1. *Матеріали* текстильні. Метод ідентифікації волокон : ДСТУ 4057-2001. – [Чинний від 2002–05–01]. – К. : Державний стандарт України, 2002. – 26 с. – (Національні стандарти України).

References

1. DSTU 4057-2001. *Materialy tekstylni. Metod identifikatsii volokon*. [Chinniy vid 2002–05–01] (2002). Kyiv: Derzhavny standart Ukrainy.

UDC 677.014.5:687.03

Olena Khrebtan, Iraida Dudla, Alla Jakovenko

IDENTIFICATION OF FIBER COMPOSITION OF TEXTILE PRODUCTS DURING MERCHANDISING EXPERTISE

Urgency of the research. Large amount of clothes falsified by fiber composition is delivered into sales. Thus, consideration of information about methodologies of quality verification is important and critical task.

Target setting. Researches shown in this article were hold to verify the information that was shown on marked samples that are sold in retail network of Chernihiv with real result of fiber composition identification of these samples.

Actual scientific researches and issues analysis. Nowadays no scientific methods are developed to identify organoleptic indicators of quality of textile products: sewing clothes, knitwear, etc. Large amount of clothes falsified by fiber composition is delivered into sales.

Uninvestigated parts of general matters defining. Expertise of textile products is often limited to organoleptic methods of research. Physics and chemical (laboratory) methods are rarely used, because of obligatory destruction of investigated samples of textile materials.

The research objective. Verification of conformity of information in marking of clothes sold in retail network of Chernihiv city to real results of identification of fiber content of these samples.

The statement of basic materials. Primary regulatory document for methods of fiber research is ДСТУ 4057-2001 [1]. According to its requirements, textile products must have information about its composition on marking label. Also mentioned, that check of provided information's is made with help of methods of fiber identification. "Qualitative analysis" was used for fiber identification with help of mechanic and chemical methods of identification.

Conclusion. So, salesmen have to check textile products more carefully, first of all by organoleptic indicators, to avoid sales of falsified goods. In case of doubtful results of organoleptic expertise, contact commodity research expert organizations of Chernihiv.

Key words: methods of textile fiber composition identification; organoleptic indicators of textile products; chemical analysis; quantitative chemical fiber analysis.

Fig.: 2. Tabl.: 6. Bibl.: 1.

УДК 677.014.5:687.03

*Елена Хребтань, Ираида Дудла, Алла Яковенко***ИДЕНТИФИКАЦИЯ ВОЛОКНИСТОГО СОСТАВА ШВЕЙНЫХ ТОВАРОВ
ВО ВРЕМЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТОВАРОВЕДЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ**

Проведены идентификационные исследования волокнистого состава швейных изделий, которые реализуются в торговой сети г. Чернигова. Обнаружена фальсификация волокнистого состава у одного из исследованных образцов, в других образцах подтвердился волокнистый состав, указанный на производственной маркировке.

Ключевые слова: *методы идентификации текстильных волокон; органолептические характеристики текстильных изделий; химический анализ; количественный химический анализ волокон.*

Рис.: 2. Табл.: 6. Библ.: 1.

Хребтань Елена Борисівна – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри товарознавства, експертизи, митної справи та торгівлі, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

Хребтань Елена Борисовна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры товароведения, экспертизы, таможенного дела и торговли, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

Khrebtan Olena – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Commodity, Examination, Customs and Trade, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

Дудла Іраїда Олександрівна – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри товарознавства, експертизи, митної справи та торгівлі, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

Дудла Ираида Александровна – доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой товароведения, экспертизы, таможенного дела и торговли, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

Dudla Iraida – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Commodity, Examination, Customs and Trade, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

Яковенко Алла Миколаївна – старший викладач кафедри товарознавства, експертизи, митної справи та торгівлі, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

Яковенко Алла Николаевна – старший преподаватель кафедры товароведения, экспертизы, таможенного дела и торговли, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

Jakovenko Alla – Senior Lecturer of the Department of Commodity, Examination, Customs and Trade, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

РОЗДІЛ VII. ТЕХНОЛОГІЇ БУДІВНИЦТВА ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

УДК 322.2

DOI: 10.25140/2411-5363-2017-3(9)-171-178

Світлана Коваленко, Аліна Хархан

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РОЗПОДІЛУ ЗЕМЕЛЬ НА КАТЕГОРІЇ В УКРАЇНІ ТА ЗАРУБІЖНИХ КРАЇНАХ

Актуальність теми дослідження. В Україні спостерігається багато проблем у сфері земельних ресурсів, серед яких є і проблеми у розподілі земель на категорії. Нині виникають плутанини із деякими землями, через неможливість визначити, якому з органів управління підвідомчі землі. Трапляються випадки, коли категорії не мають чіткого місця поділу. Тому, незважаючи на тривалій еволюційний розвиток встановлення класифікації земель за цільовим призначенням, вона є ще недосконалою і потребує перегляду.

Постановка проблеми. Існуючий поділ земель на категорії за цільовим призначенням в Україні не підпорядковується обґрунтованим дослідженням критеріїв ефективності управління земельними ресурсами. Класифікація земель України є незавершеною, має недосконалу чинну нормативно-правову базу та проблеми щодо забезпечення раціонального використання та охорони земель України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На існування цієї проблеми звертали увагу такі науковці, як А. М. Мірошніченко, А. М. Третяк, А. В. Лобунько, О. М. Дроваль та інші.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Для вирішення проблем раціонального використання, охорони земель та встановлення справедливого податку необхідно переглянути встановлену в Україні класифікацію земель за цільовим призначенням, оскільки вона, на нашу думку, є ще недосконалою.

Постановка завдання. Необхідно дослідити існуючий розподіл земель на категорії в зарубіжних країнах для вдосконалення існуючого розподілу земель в Україні.

Виклад основного матеріалу. У статті розглянуто зарубіжний досвід класифікації земельного фонду залежно від географічного положення, характеристик рельєфу, наявності водних об'єктів, видів ґрунтів та напрямку екологічного розвитку. Досліджено поділ земель на категорії у Німеччині, Болгарії, Туреччині, Латвії, Китаї, Іспанії, Фінляндії, Чорногорії, Молдові та Чехії. Такий аналіз може стати корисним для вирішення низки проблем у сфері земельних ресурсів України, серед яких є і проблеми у розподілі земель на категорії та визначенні правового режиму відповідно до встановлених категорій.

Висновки відповідно до статті. З метою удосконалення управління земельними ресурсами в Україні необхідно в основу класифікації земель покласти функції землі, виконати укрупнення категорій, чітко закріпити відповідальні органи за кожною з категорій та переглянути регламенти обмежень у використанні земель.

Ключові слова: категорія земель; цільове призначення; земельний кадастр.

Бібл.: 13.

Постановка проблеми. Поділ земель на категорії за цільовим призначенням є фундаментальним положенням земельного законодавства України. Як відомо, в Україні відповідно до статті 19 Земельного кодексу України (ЗКУ), всі землі в межах держави за основним цільовим призначенням поділяються на 9 категорій, кожна з яких має певний правовий режим використання й охорони:

- а) землі сільськогосподарського призначення;
- б) землі житлової та громадської забудови;
- в) землі природно-заповідного та іншого природоохоронного призначення;
- г) землі оздоровчого призначення;
- г) землі рекреаційного призначення;
- д) землі історико-культурного призначення;
- е) землі лісогосподарського призначення;
- є) землі водного фонду;
- ж) землі промисловості, транспорту, зв'язку, енергетики, оборони та іншого призначення [3].

Крім того, зазначено, що земельні ділянки кожної категорії земель, які не надані у власність або користування громадян чи юридичних осіб, можуть перебувати у запасі.

Проте існуючий поділ земель на категорії за цільовим призначенням не підпорядковується обґрунтованим дослідженням критеріїв ефективності управління земельними

ресурсами. Класифікація земель України є незавершеною, має недосконалу чинну нормативно-правову базу та проблеми щодо забезпечення раціонального використання та охорони земель України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На існування цієї проблеми звертали увагу такі науковці, як А. М. Мірошніченко, А. М. Третяк, А. В. Лобунько, О. М. Дроваль та інші. Так, наприклад, А. В. Лобунько зазначає, що в Україні поки що відсутні ґрунтовні дослідження еколого-економічного поділу земель на категорії за основним цільовим призначенням [6].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Враховуючи важливість земельного ресурсу, як основного природного ресурсу, головного засобу виробництва у господарстві та базового об'єкта соціально-економічних відносин, у будь-якій державі використовують розподіл земель за цільовим призначенням. Визначення цільового призначення земель дозволяє згідно із законодавством України визначити умови використання земельної ділянки в певних межах відповідно до категорії з метою раціонального використання, охорони та встановлення справедливого податку. Але для досягнення поставленої мети необхідно переглянути встановлену в Україні класифікацію земель за цільовим призначенням, так як вона, на нашу думку, є ще недосконалою.

Мета статті. Дослідження зарубіжного досвіду поділу земель за категоріями з метою виділення факторів, які б змогли мати позитивний вплив на ефективний розвиток управління земельними ресурсами в нашій державі.

Виклад основного матеріалу. Земля є основним національним багатством України, що перебуває під особливою охороною держави (ст. 1 ЗКУ) [3]. На особливій значущості земельного ресурсу як основного засобу виробництва, наголошують і нормативно-правові документи інших країн світу. Наприклад, Угорщина акцентує увагу на захисті державою земельних ресурсів. Доказом цього є стаття О Конституції Угорщини, де зазначено, що природні ресурси, особливо орна земля, які є частиною загальної національної спадщини, збереження яких для майбутніх поколінь є обов'язком держави і всіх інших. У зарубіжних країнах до такого багатства, як земля, ставляться з великою обережністю, дбайливо оберігаючи її, намагаючись максимально використовувати в інтересах суспільства. Так, закони штату Флорида (США) визначають, які землі є сільськогосподарськими і якими мають бути умови їх використання: «сільськогосподарські землі – це землі, які характеризуються певним ґрунтовим покривом, кліматом, водними ресурсами та рельєфом у такому взаємозв'язку, що вони за умовами їх раціонального використання і збереження природних характеристик придатні для вирощування сільськогосподарських культур» [7]. Розглянемо цільові категорії земель, які існують у зарубіжних країнах.

Німеччина. Земельно-кадастрова система Німеччини складається з: кадастру нерухомості та господарського кадастру.

У господарському фонді, у процесі проведення земельного кадастру у східній частині країни у складі земель виділяють землі сільськогосподарського призначення, лісового фонду, забудовані або ті, що підлягають забудові, постійно зайняті водами і землі спеціального призначення, тобто призначені для промисловості, транспорту і т. ін. Конкретний перелік сільськогосподарських угідь, а також основи для віднесення земельних ділянок до відповідних видів угідь у межах земель сільськогосподарського призначення різні у двох системах обліку земель.

У господарському кадастрі розрізняють такі види використання сільськогосподарських земель:

- сільськогосподарські види використання (рілля, сади, виноградники, луки, пасовища);
- види використання, що змінюються, тобто земельні ділянки використовуються то як рілля, то як кормові угіддя;

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

– інші види використання (ліси, земельні ділянки, зайняті водами, пустирі, землі, непридатні для використання, забудовані земельні ділянки тощо).

У кадастрі нерухомого майна при обліку сільськогосподарських земель дається характеристика всіх земельних ділянок за їхніми природними властивостями та якістю. В цьому кадастрі класифікація земель здійснюється за природними, економічними та юридичними показниками. Всі земельні ділянки у кадастрі нерухомості поділені на такі групи і види використання:

- сільськогосподарські та лісгосподарські види використання – рілля, сади, виноградники, природні кормові угіддя, ліси;
- землі, непридатні для обробітку – землі покриті водою, болота, пустирі;
- інші види використання – забудовані землі, зайняті дорогами, аеродромами, спортмайданчиками тощо [11].

Болгарія. Відповідно до розпорядження Ради Міністрів Болгарії про забезпечення правильного і повного обліку земель від 1 квітня 1963 р., усі землі країни поділені на три категорії: сільськогосподарські, лісові і землі населених місць (урбанізовані).

Ця різниця у статусі (болгарською «статут») землі має велике практичне значення, оскільки впливає на можливість будівництва на ній, на розміри будівництва та інші правові та технічні питання.

Земля, віднесена до населених місць, призначена для будівництва, тобто служить для зведення на ній адміністративних, виробничих, курортно-туристичних, житлових, медичних та інших цілей, пов'язаних з функціонуванням людини, її життям, відпочинком і лікуванням, освітою тощо. Населеними місцями вважаються міста, села, промислові, курортні й туристичні комплекси.

Згідно з Конституцією Республіки Болгарія сільськогосподарська земля може використовуватися тільки для землеробства і скотарства. На такій землі можна зводити будівлі, які будуть служити тільки для здійснення таких видів діяльності. Інше будівництво заборонено [5].

Із сільськогосподарських земель при земельному кадастрі виділяють:

- оброблювані сільськогосподарські землі – рілля, луки, постійні плантації (сади, виноградники, плантації троянд тощо), городи та інші угіддя;
- необроблювані сільськогосподарські землі – пасовища;
- непридатні землі – ріки, водні шляхи, канали, поверхневі води, дороги, кар'єри [11].

Слід мати на увазі, що статус землі не є назавжди зафіксованим. Зі зміною містобудівних планів, статус сільськогосподарської землі може змінитися. Тільки після зміни статусу, сільськогосподарська земля буде доступна для будівництва на ній будівель і споруд, пов'язаних з новим призначенням.

Процедура зміни статусу землі проводиться відповідно до закону про збереження сільськогосподарської землі і зазвичай допускається тільки після затвердження детального впорядкованого плану передбачуваної забудови [5].

Латвія. Відповідно до «Правил землекористування, процедури класифікації і визначення критерій», прийнятих Кабінетом Міністрів Латвії від 21.08.2007 р. № 562, землі класифікуються на 8 категорій за типом землекористування.

1. Землі сільськогосподарського призначення. До зазначеної категорії віднесено рілля, фруктові сади, пасовища, сіножаті.

2. Ліси – земля, на якій переважають дерева, висота яких може досягати щонайменше сім метрів поточної або потенційної проекції крони, принаймні 20 % від займаної лісової площі.

3. Підлісок – земля, в якій переважають деревні рослини (верба, жимолость, шпindel, смородина, фундук, горобина, черемха) до шести метрів висоти стовбурів.

4. Болота – земля з мокрими, погано вентильованими торф'яними ґрунтами, де висота дерева не може бути досягнута більше семи метрів і домінує неофіт різних осокових і сфагнових видів.

5. Землі водойм. Включають ділянки під водою – земля, яка була зайнята річками (включаючи потоки), озерами, ставками, дренажем (канави) та іншими водоймами, а також прибережними водами; та землі під ставками – земля, зайнята штучно створеними водними об'єктами для риболовлі.

6. Землі під будівлями і дворами.

7. Землі під дорогами – землі, зайняті для вулиць, доріг і залізниць.

8. Інші землі. Землі в піщаних районах, зайняті кладовищами, парками, ярами, обривами, укосами; чагарникові, насінневі плантації і галявини; схильні до затоплення землі; а також землі, які використовуються для видобутку корисних копалин [9].

Туреччина. Відповідно до законодавства Туреччини всі земельні ділянки поділяють на три основні категорії:

– Земельні ділянки сільськогосподарського призначення. Ці земельні ділянки, в основному, знаходяться на території сільських муніципалітетів. Для них не розроблені плани забудови, відповідно, ці земельні ділянки можуть використовуватися тільки для сільського господарства для засіву сільськогосподарськими культурами, а також для створення садів і плодово-ягідних плантацій. Будівництво будь-яких об'єктів на цих ділянках заборонено. Однак статус і призначення цих земельних ділянок може бути змінено місцевими муніципалітетами, відповідно до потреб муніципалітету, на земельні ділянки для забудови, але гарантії, що це станеться, ніхто не надає.

– Земельні ділянки, на яких дозволено забудову житлових будинків і комерційних об'єктів. Передбачені для забудови, і саме для цих ділянок відділом міського планування місцевого муніципалітету розроблено план зонування, визначено їх цільове призначення, дані про земельні ділянки занесені до реєстру Кадастрового управління. Такі землі мають певну інфраструктуру і підходять під забудову. За наявності проекту, відповідно до функціонального призначення земельної ділянки, відповідними органами може бути видано дозвільні документи для забудови цих ділянок. Проте цю категорію земельних ділянок поділяють ще на дві основні групи: земельні ділянки для будівництва житлових будинків – призначені для будівництва будинків, житлових комплексів тощо; земельні ділянки для будівництва об'єктів комерційного призначення – призначені для будівництва торгових центрів, маркетів, невеликих промислових зон, бізнес-центрів. На земельних ділянках, призначених для будівництва комерційних об'єктів, заборонено будівництво житлових будинків і навпаки.

– Земельні ділянки, що є власністю держави (держскарбниці). До цієї категорії віднесено землі, що відведені для сільського господарства, родовища корисних копалин, кар'єри, луки, пасовищні угіддя. На таких ділянках будівництво будь-яких об'єктів заборонено і їх можна отримати з власності держави тільки в довгострокову оренду [10].

Іспанія. В Іспанії існує три категорії земель. Перша – це міські землі, забезпечені необхідною інженерною інфраструктурою: водопроводом, каналізацією, електрикою тощо. Будівництво на таких землях практично завжди дозволено, що, однак, не означає, що побудувати можна все що завгодно. Тип будівництва, як правило, залежить від конкретного міського району. Тобто за наявності ділянки, спеціально відведеної для будівництва об'єктів житлового призначення, на неї отримують всі необхідні дозволи та ліцензії, і яка реєструється у Реєстрі власності як земельна ділянка міського призначення.

Друга категорія – так звані урбанізовані землі, тобто ті, які можна перевести в ряд міських. Для цього потрібно затвердити план ділянки й узгодити проект урбанізації. Після чого можна розгортати будівництво, однак, виходячи з тих самих обмежень, що й у випадку з міською землею.

Сільські землі, що входять до третьої категорії, ні за якої умови не можуть бути переведені в розряд міських, а значить, будівельні обмеження тут ще жорсткіші, до того ж для сільських земель існує одразу кілька зональних класифікацій. До цієї категорії також входять заповідні зони, лісові угіддя, прибережна зона, історичні пам'ятки і т. ін. Категорія сільських земель присвоюється владою, перевести їх у категорію урбанізованих дуже складно. На землях сільськогосподарського призначення дозволяється встановлювати споруди для зберігання інвентарю, техніки або тимчасового перебування, і тільки в тому випадку, якщо земельна ділянка за розміром не менше 10 000 м² [4].

Фінляндія. У Фінляндії розробляють Генеральний план розвитку землекористування району або території муніципалітету на кожен сільський чи міський район, що знаходиться у віданні відповідного муніципалітету. Всього у Фінляндії таких адміністративно-територіальних утворень 452.

У Генеральному плані всю територію району ділять за цільовим призначенням на зони (землі), призначені для житла, промисловості, транспорту, сфери послуг, рекреації, сільського господарства [1].

Чорногорія. Категорій земель у країні налічується чотири:

- неурбанізовані землі, які не занесені до Генерального плану розвитку території;
- урбанізовані землі, на яких дозволено будівництво об'єктів;
- урбанізовані землі без об'єкта, які будуть включені в Генеральний план розвитку території протягом найближчих років;
- землі, заборонені для забудови та продажу. До останньої категорії відносяться заповідники і національні парки, прикордонні зони, землі стратегічного значення, земля, на якій розташовані пам'ятки історії та культури, а також настільки популярна в інвесторів категорія сільськогосподарських земель [8].

Молдова. Всі землі Республіки відповідно Земельного кодексу, незалежно від їх призначення і виду власності на них, становлять земельний фонд Республіки Молдова.

Земельний фонд залежно від основного призначення складається з таких категорій:

- землі сільськогосподарського призначення;
- землі в межах населених пунктів;
- землі промисловості, транспорту, зв'язку та іншого спеціального призначення;
- землі природоохоронного, оздоровчого, рекреаційного, історико-культурного призначення, приміських і зелених зон;
- землі лісового фонду;
- землі водного фонду;
- землі резервного фонду [2].

Чехія. Відповідно до закону 1964 р. про облік нерухомості всі землі Чехословаччини поділено на дві основні категорії: сільськогосподарські та несільськогосподарські. До складу сільськогосподарських земель включені рілля, луки, пасовища, а також землі, зайняті хмелем, виноградниками, плодовими деревами, тобто тільки сільськогосподарські угіддя. Інші земельні угіддя віднесені до несільськогосподарських земель [6].

Китай. За видами використання земля в Китаї поділена на землю сільськогосподарського призначення, землю для будівництва і землю, що не знаходиться у використанні. Установи та приватні особи повинні використовувати землю строго за видами використання, встановленими в Генеральному плані землекористування Китаю. У країні забороняється використовувати землю сільськогосподарського призначення як землю для будівництва і суворо контролюється кількість ділянок землі для будівництва, щоб зберегти орні землі [12].

На основі викладеного вище слід зазначити, що кожна країна формує класифікацію земельного фонду залежно від свого географічного положення, характеристик рельєфу,

наявності водних об'єктів, видів ґрунтів та напрямку економічного розвитку. Зазначені країни характеризуються аграрною спрямованістю політики, тому регулювання земельного законодавства здебільшого формують, беручи за основу землі сільськогосподарського призначення.

В Україні нині спостерігається багато проблем у сфері земельних ресурсів, серед яких є і проблеми у розподілі земель на категорії та визначення правового режиму, відповідно до встановлених категорій. Наразі виникають плутанини із деякими землями через неможливість визначити, якому з органів управління підвідомчі землі. Трапляються випадки, коли категорії не мають чіткого місця поділу. В деяких випадках поділ земель відбувається не за цільовим призначенням, а за територіальним розміщенням. Тому, незважаючи на тривалий еволюційний розвиток встановлення класифікації земель за цільовим призначенням, вона є ще недосконалою і потребує перегляду.

Висновки і пропозиції. Таким чином, аналізуючи світовий поділ земель на категорії, очевидно, що він є менш розгалуженим, тому характеризується більшою конкретністю та чіткою визначеністю законодавства. В основі поділу земель у зарубіжних країнах чітко простежується орієнтація на захист і раціональне використання сільськогосподарських земель. Така тенденція притаманна і земельній політиці України. З метою удосконалення управління земельними ресурсами в Україні необхідно в основу класифікації земель покласти функції землі, виконати укрупнення категорій, чітко закріпити відповідальні органи за кожною з категорій та переглянути регламенти обмежень у використанні земель.

Список використаних джерел

1. Волков С. Н. Землеустройство : учебник для студентов высших учебных заведений по землеустроительным специальностям. Т. 7. Землеустройство за рубежом / С. Н. Волков. – М. : Колос, 2005. – 408 с.
2. *Земельний кодекс* Республики Молдова [Электронный ресурс] // Официальный сайт Парламента Республики Молдова. – Режим доступа : <http://lex.justice.md/index.php?action=view&view=doc&lang=2&id=313324>.
3. *Земельний кодекс* України від 25.10.2001 р. № 2768-III // Відомості Верховної Ради України. – 2002. – № 3-4. – Ст. 27.
4. Категории земельных участков в Испании [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании Absolut Properties. – Режим доступа : <http://www.absolutproperties.com/blog/kategorii-zemel-ny-h-uchastkov-v-ispanii/#.WOv7w9KLTDc>.
5. *Категории* (статусы) земли в Болгарии [Электронный ресурс] // Сайт агентства недвижимости в Болгарии. – Режим доступа : <http://www.skyline-bulgaria.com>.
6. Лобунько А. В. Еволюція розвитку поділу земель за їх категоріями як основним цільовим призначенням: історія, методологія [Електронний ресурс] / А. В. Лобунько // Землевпорядний вісник. – 2015. – № 11. – С. 17–21. – Режим доступу : http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zv_2015_11_6.
7. Милосердов В. Российская модель и зарубежный опыт земельных реформ / В. Милосердов // Международный сельскохозяйственный журнал. – 1995. – № 2. – С. 22–25.
8. *Покупка* земли за границей: гид по странам [Электронный ресурс] // Портал о зарубежной недвижимости. – Режим доступа : <https://www.homesoverseas.ru/articles/6641>.
9. *Положения* о классификации видов землепользования и критерии их определения [Электронный ресурс] // Правила Кабинета министров Латвии. – Режим доступа : <https://likumi.lv/doc.php?id=162207>.
10. *Решили* купить землю в Турции? Виды земельных участков [Электронный ресурс] // Портал Анталии. – Режим доступа : <http://www.antalyacity.ru/content.php?id=2117>.
11. *Теоретичні* основи державного земельного кадастру : навч. посіб. / М. Г. Ступень, Р. Й. Гулько, О. Я. Микула та ін. – 2-ге видання, стереотипне. – Львів : Новий Світ-2000, 2006. – 336 с.
12. Тимурзиев А. М. Правовое регулирование отношений по использованию земель в Китае [Электронный ресурс] / А. М. Тимурзиев // NovaInfo. – 2014. – № 26. – С. 1–3. – Режим доступа : <http://novainfo.ru/article/2528/pdf>.
13. Третяк А. М. Землеустрій / А. М. Третяк. – Херсон : Олді-плюс, 2014. – 520 с.

References

1. Volkov, S.N. (2005). *Zemleustroistvo [Land management]*. Moscow: Kolos (in Russian).
2. *Zemelnyi kodeks Respubl ki Moldova [The Land Code of the Republic of Moldova]*. *Ofitsialnyi sait Parlamenta Respubliki Moldova [The official website of the Parliament of the Republic of Moldova]*. <http://lex.justice.md>. Retrieved from <http://lex.justice.md/index.php?action=view&view=doc&lang=2&id=313324>.
3. *Zemelnyi kodeks Ukrainy vid 25.10.2001 № 2768-III [The Land Code of Ukraine on 25.10.2001 № 2768-III]*. *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy – Bulletin of Verkhovna Rada of Ukraine*, no. 3-4, article 27.
4. *Kategorii zemelnykh uchastkov v Ispanii [Categories of land in Spain]*. *Ofitsialnyi sait kompanii Absolut Properties [Official website of the company Absolut Properties]*. <http://www.absolutproperties.com>. Retrieved from <http://www.absolutproperties.com/blog/kategorii-zemel-ny-h-uchastkov-v-ispanii/#.WOv7w9KLTDC>.
5. *Kategorii statusy zemli v Bolgarii [Categories (statuses) of land in Bulgaria]*. *Sait agenstva nedvizhimosti v Bolgarii [Real estate agency in Bulgaria]*. Retrieved from <http://www.skyline-bulgaria.com>.
6. Lobunko, A.V. (2015). *Evolutsiia rozvytku podilu zemel za yikh katehoriiami yak osnovnym tsilovym pryznachenniam: istoriia, metodolohiia [The evolution of the division of land according to their categories as the main intended purpose: history, methodology]*. *Zemleporiadnyi visnyk – Land Bulletin*, no. 11, pp. 17-21. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zv_2015_11_6.
7. Miloserdov, V. (1995). *Rossiiskaia model i zarubezhnyi opyt zemelnykh reform [The Russian model and foreign experience of land reforms]*. *Mezhdunarodnyi selskokhoziaistvennyi zhurnal – International Agricultural Magazine*, no. 2, pp. 22–25 (in Russian).
8. *Pokupka zemli za granitse: gid po stranam [Buying land abroad: a guide to countries]*. *Portal o zarubezhnoi nedvizhimosti [Portal about foreign immovables]*. <https://www.homesoverseas.ru>. Retrieved from <https://www.homesoverseas.ru/articles/6641>.
9. *Polozheniia o klassifikatsii vidov zemlepolzovaniia i kriterii ikh opredeleniia [The provisions on the classification of land use types and the criteria for their determination]*. *Pravila Kabineta ministrov Latvii [Rules of the Cabinet of Ministers of Latvia]*. <https://likumi.lv/doc>. Retrieved from <https://likumi.lv/doc.php?id=162207>.
10. *Reshili kupit zemliu v Turtsii? Vidy zemelnykh uchastkov [Have you decided to buy land in Turkey? Types of land.]*. *Portal Antalii [Portal of Antalya]*. <http://www.antalyacity.ru> Retrieved from <http://www.antalyacity.ru/content.php?id=2117>.
11. Stupen, M.H., Hulko, R.I., Mykula, O.Ya. et al. (2006). *Teoretychni osnovy derzhavnogo zemelnogo kadastru [Theoretical foundations of the state land cadastre]*. Lviv: Novyi Svit-2000 (in Ukrainian).
12. Timurziev, A.M. (2014). *Pravovoe regulirovanie otnoshenii po ispolzovaniiu zemel v Kitae [Legal regulation of relations on the use of land in China]*. *Novainfo*, no. 26, pp. 1–3. Retrieved from <http://novainfo.ru/article/2528/pdf>.
13. Tretiak, A.M. (2014). *Zemleustrii [Land management]*. Kherson: Oldi-plus (in Ukrainian).

UDC 322.2

Svitlana Kovalenko, Alina Kharkhan

COMPARATIVE ANALYSIS OF LAND CATEGORIZATION
IN UKRAINE AND FOREIGN COUNTRIES

Urgency of the research. *There are many problems in Ukraine in the sphere of land resources, among which there are problems of land categorization. Nowadays, there are confusions with certain lands because of inability to determine their governing bodies. The categorization is sometimes not precise enough. Therefore, despite the long evolutionary development of land classification according to the end use, it is still not perfect enough and needs to be reviewed.*

Target setting. *In Ukraine, the current land categorization according to the end use does not submit the grounded researches of criteria for the effectiveness of land management. The classification of land resources of Ukraine is incomplete; it has a deficient current regulatory framework and problems in providing the rational use of the land and its protection.*

Actual scientific researches and issues analysis. *The presented problem was regarded by such scientists as A. Miroshnychenko, A. Tretiak, A. Lobunko, O. Droval and others.*

Uninvestigated parts of general matters defining. In order to solve the problems of rational use, land protection and setting a fair tax, the classification of land according to the end use adopted in Ukraine should be reviewed, because, in our opinion, it is still not perfect enough.

The research objective. It is necessary to investigate the current land categorization in foreign countries in order to improve it in Ukraine.

The statement of basic materials. The article reviews foreign experience of land fund classification depending on geographical position, relief characteristics, water bodies availability, soil types and directions in economic development. Land categorization in Germany, Bulgaria, Turkey, Latvia, China, Spain, Finland, Montenegro, Moldova and Czech Republic was investigated in the article. The given analysis can be useful for solving a number of problems of land resources in Ukraine, among which there are problems of land categorization and defining the legal regime according to the established categories.

Conclusions. In order to improve the land management in Ukraine, it is necessary to base the land classification on the functions of land, implement the extension of categories, clearly establish the responsible bodies for each of the categories and review the regulations on restrictions of the land use.

Key words: land category; end use; land cadastre.

Bibl.: 13.

УДК 322.2

Светлана Коваленко, Алина Хархан

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАЗДЕЛЕНИЯ ЗЕМЕЛЬ НА КАТЕГОРИИ В УКРАИНЕ И ЗАРУБЕЖНЫХ СТРАНАХ

В статье рассмотрен зарубежный опыт классификации земельного фонда в зависимости от географического положения, характеристик рельефа, наличия водных объектов, видов почв и направлений экономического развития. Исследовано деление земель на категории в Германии, Болгарии, Турции, Латвии, Китае, Испании, Финляндии, Черногории, Молдове и Чехии. Данный анализ может стать полезным для решения ряда проблем в сфере земельных ресурсов Украины, среди которых есть и проблемы в распределении земель по категориям и определении правового режима соответственно установленным категориям.

Ключевые слова: категория земель; целевое назначение; земельный кадастр.

Библ.: 13.

Коваленко Світлана Василівна – кандидат педагогічних наук, доцент кафедри геодезії, картографії та землеустрою, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

Коваленко Светлана Васильевна – кандидат педагогических наук, доцент кафедры геодезии, картографии та землеустройства, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

Kovalenko Svitlana – PhD in Pedagogical Sciences, Associate Professor of Department of Geodesy, Cartography and Land management, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: svkoval70@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5829-7132>

ResearcherID: H-4476-2016

Хархан Аліна Віталіївна – студентка, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

Хархан Алина Витальевна – студентка, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

Alina Kharkhan – student, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: alinakharkhan@gmail.com

*Ігор Корнієнко, Світлана Корнієнко, Артем Кошма,
Олександр Богукалець, Вікторія Ярова*

ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ ВИХІДНИХ ПАРАМЕТРІВ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ МЕРЕЖІ МЕХАНІЗОВАНОГО ПРИБИРАННЯ ВУЛИЦЬ НАСЕЛЕНОГО ПУНКТУ

Актуальність теми дослідження. Якісне та своєчасне прибирання вулично-дорожньої мережі міста вимагає великих фінансових та матеріальних витрат. Оптимізація способів використання технічних засобів прибирання дозволить зменшити витрати.

Постановка проблеми. Обґрунтування методики одержання вихідних даних достатньої достовірності та надійності.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Пошук способів зниження витрат на прибирання міста здійснюють багато вчених різних країн світу.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Збирання вихідних даних вулично-дорожньої мережі, за існуючими методиками, являє собою кропіткий процес з великими людино-годинними витратами. Існуючі скорочені методи визначення параметрів володіють високою похибкою вимірювань.

Виклад основного матеріалу. Відповідно до існуючих національних методик, правил та норм вуличного механізованого прибирання обґрунтовано склад вихідних параметрів вулично-дорожньої мережі. Запропоновано удосконалення експрес методу обчислення інтенсивності автомобільного руху, для якого дані точкові статистичні оцінки. На прикладі показано, що застосування скороченої процедури вимірювання інтенсивності автомобільного руху дозволяє одержати вихідні дані необхідної точності для задачі оптимізації системи прибирання вулично-дорожньої мережі.

Висновки. Запропонована методика скорочених вимірювань забезпечує необхідну достовірність та надійність вихідних даних.

Ключові слова: прибирання вулично-дорожньої мережі; оптимізація; інтенсивність руху.

Табл.: 1. Рис.: 4. Бібл.: 10.

Постановка проблеми. Питання утримання вулично-дорожньої мережі, у тому числі і її прибирання, набуває нової актуальності на тлі інтегрування України в Європейській простір і переходу на Європейські стандарти утримання населених пунктів та якості життя городян. Проте якісне та своєчасне прибирання вулиць і доріг, відповідно до прийнятих національних стандартів, і особливо в зимовий період, є складним завданням, обтяженим обмеженим часовим ресурсом, екстремальними подіями, що викликані негодою, та великими фінансовими затратами. На сьогодні налагодити і здешевити процес прибирання муніципальна влада намагається за рахунок різних оптимізаційних заходів, зокрема підвищення продуктивності прибирання вулиць за рахунок збільшення обсягу механізованих робіт або запровадження GPS трекерів для контролю пересування прибиральної техніки за встановленим маршрутом прибирання. Але нині стає очевидним, що незважаючи на позитивний ефект, таких заходів оптимізації явно недостатньо; для організації якісного прибирання не менш важливим є оптимізація маршрутно-часових регламентів прибирання, чисельності та типового складу парку прибиральної техніки.

Зрозуміло, що підхід до оптимізації системи механізованого прибирання є суто індивідуальним для кожного населеного пункту. Визначальним для подібної оптимізаційної задачі є параметри об'єкта прибирання, а саме вулично-дорожньої мережі. Збирання даних є кропітким, тривалим процесом, що вимагає великих людських та часових затрат, скорочення яких дозволить здешевити сам процес прибирання.

На сьогодні оптимізація мережі прибирання виконується для міста Чернігова в межах науково-дослідної роботи, що й робить задачу визначення параметрів вулично-дорожньої мережі міста актуальною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогодні існує багато нормативних актів та методичних рекомендацій з організації утримання, і в тому числі прибирання вулично-дорожньої мережі, що дозволяють сформулювати загальний підхід до здійснення організаційних заходів, формування системи вимог та правил виконання прибирання, а також основних співвідношень між розмірами об'єкта прибирання та кількістю і скла-

дом прибиральної техніки, а також нормами на витратні засоби. За останній час проведено відповідні наукові дослідження з метою уточнення нормативних значень витрат часу або матеріалів на прибирання, порівняння якісних характеристик матеріалів для обробки дорожнього полотна. Такі норми і дослідження дозволяють сформулювати вимоги для задачі оптимізації прибирання вулично-дорожньої мережі, а також можуть бути застосовані для розв'язування інших задач з утримання міста, наприклад, збір та утилізація твердих побутових відходів [1–4].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Важливим етапом розв'язування оптимізаційної задачі є збір вихідних даних, від достовірності та надійності яких залежать рішення про встановлення черговості, режиму та сценарію механізованого та ручного прибирання міста. Розв'язання такої задачі у ручному режимі представляється складною обчислювальною задачею $n \times m$ складності, проте використання аналітичних можливостей геоінформаційних систем дозволить суттєво скоротити обчислення і спростити процес знаходження оптимального розв'язку за різними сценаріями вихідної дорожньої та погодної ситуації.

Мета статті. Розроблення механізму збирання параметрів та характеристик вулично-дорожньої мережі за скороченими процедурами.

Виклад основного матеріалу досліджень. Механізоване прибирання міських територій є однією з важливих та складних задач благоустрою міста, його утримання та дотримання відповідного санітарно-екологічного стану міста. Ефективність робіт з прибирання території міста визначається раціональною організацією і дотриманням технологічних режимів. Питання раціональної організації роботи системи прибирання відноситься до класу оптимізаційних задач і може бути розв'язано з використанням апарату математичного програмування, елементів дискретної математики або імітаційного моделювання. Зважаючи на масштаб розв'язуваної задачі доцільно використання геоінформаційних технологій, що дозволить автоматизувати процес пошуку оптимального розв'язку та зробити його адаптивним до зміни будь-яких параметрів вулично-дорожньої мережі та зовнішніх впливів.

Основною задачею оптимізації є зменшення витрат на прибирання вулично-дорожньої мережі за умови дотримання часових норм на прибирання відповідної якості. Визначальним для розв'язування будь-якої оптимізаційної задачі є вихідні дані, що в нашому випадку представлені просторовими та експлуатаційними характеристиками вулично-дорожньої мережі, статистичними показниками накопичення сміття/снігу/льоду, наявні засоби та можливості парку прибиральних машин, обрана технологія прибирання (відповідно до бюджету, санітарно-екологічних норм, правил прийнятих муніципалітетом та громадськістю міста тощо).

У нашому випадку невизначеним є параметри вулично-дорожньої мережі та статистичні дані щодо накопичення сміття. Відповідно до [5; 6] накопичення сміття має пряму залежність від інтенсивності транспортного та пішохідного руху, що знімає проблему вимірювання кількості утворюваного сміття та періодичності його накопичення. Таким чином, перед нами постає така задача: визначити параметри і характеристики вулично-дорожньої мережі у місті Чернігові, які безпосередньо впливають на процес механізованого прибирання вулиць, доріг, тротуарів та інших елементів вулично-дорожньої мережі.

Головними показниками вулично-дорожньої мережі, що зумовлюють обсяг прибиральних робіт і потребу в засобах прибирання, є протяжність, щільність мережі, площа покриття, умови водовідведення, інтенсивність руху транспорту й пішоходів, а також рівень благоустрою вулично-дорожньої мережі міста [7]. Відповідно до чинних нормативних документів, основними показниками, що визначають регламент прибирання вулично-дорожньої мережі міста, є категорія доріг та тротуарів, яка визначається приве-

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

деною інтенсивністю автомобільного транспорту та пішохідного руху, геометричні та технічні параметри проїжджої частини та тротуарів. Також, вивчивши іноземний досвід з організації прибирання вулично-дорожньої мережі, вважається за доцільне врахування у порядку прибирання (особливо зимового) маршрути громадського транспорту, розташування важливих соціальних об'єктів, таких як лікарні, поліклініки, школи тощо.

Геометричні параметри вулично-дорожньої мережі визначалися натурними вимірюваннями й обчисленнями відповідних площадкових характеристик. При визначенні лінійних розмірів ділянок вулично-дорожньої мережі та радіусів для розвороту техніки, з метою скорочення обсягу робіт, використовувалися сервіси веб-картографії SASplanet та GoogleMap. Крім безпосередніх геометричних параметрів, на спосіб застосування механічної прибиральної техніки впливають дані щодо кількості полос для автомобільного руху, виду покриття, загальної площі прибирання.

Особливістю у визначенні інтенсивності автомобільного і пішохідного руху виступав обмежений людський та часовий ресурс на ґрунтовні дослідження, тому авторам необхідно було знайти спосіб визначення інтенсивності руху за скороченими процедурами. Для визначення характеристик транспортного та пішохідного трафіку можна було скористатися експрес методом, описаним, наприклад, у [8], або аналітичними методами розрахунку перспективної інтенсивності руху, або багатофакторної екстраполяції.

У процесі аналізу застосовності методів виявилось, що експрес метод має певні недоліки, а саме: не визначає підрахунок приведеної інтенсивності транспортного потоку та може мати суттєву похибку через однократне вимірювання на ділянці вулично-дорожньої мережі. Крім того, ми вважали за доцільне провести перевірку поправочних коефіцієнтів, що використовуються у цьому методі, щодо можливості їх застосування до міста Чернігова.

Щодо використання аналітичних методів, на жаль, виявилася відсутність достовірних даних щодо інтенсивності транспортних потоків у місті на тривалий період спостереження. До того ж проти цих методів виступає явище поживлення автомобільного ринку через насичення вулиць автомобілями з країн Європи, що відбувається останнім часом. Отже, для підрахунку приведеної інтенсивності дорожнього та пішохідного руху було запропоноване удосконалення експрес методу.

В основі методу застосований механізм вимірювання інтенсивності руху автомобільного транспорту та пішохідного руху за скороченою процедурою за допомогою поправочних коефіцієнтів на годину вимірювання.

В основу розрахунків покладено припущення, що інтенсивність руху I як автомобільного (I_a), так і пішохідного (I_n) поживляється та спадає на ділянках вулично-дорожньої мережі протягом доби за типовою функціональною залежністю від часу доби $I = f(t)$. У свою чергу, визначення такої функції в наступному дозволить суттєво скоротити вимірювання по решті ділянок вулично-дорожньої мережі через використання принципу подібності та встановлення часток інтенсивності потоку на конкретну годину. До можливості використання такого прийому говорить і те, що м. Чернівці має рівномірну компактну інфраструктуру і не має чітко виражених віддалених «спальних» районів та ділових або індустріальних центрів [9], як це є, наприклад, у м. Києві або інших великих містах України. Через це в Чернівці загалом не спостерігається явища ранкових або вечірніх заторів, коли мешканці мають долати великі відстані, щоб дістатися до роботи або, навпаки, додому.

Для встановлення функціональної залежності $I_a = f(t)$ вибиралися дороги з високою інтенсивністю руху категорії «Магістраль міста», серед яких випадковим чином обрана ділянка вулиці, перехрестя проспекту Миру-вул. Київська – перехрестя проспекту Миру-вул. С. Русової. На цій ділянці було організовано спостереження з 18.04.2017

по 21.04.2017 починаючи з 6:00 до 24:00. У нічній час автомобільний рух має дуже низьку інтенсивність у порівнянні з денним, через що можна ним знехтувати.

У зв'язку з тим, що транспортний потік має властивість ординарності, то необхідність проводити спостереження протягом всієї години відсутні. З урахуванням необхідності нівелювання періоду циклограм світлофорів (який на різних перехрестях вулично-дорожньої мережі міста може становити $(-1...2,5$ хвилини) та накопичення вірогідних статистичних даних, припустимо, що спостереження проводилися в інтервалі 10–15 хвилин кожної години (на її початку, в середині або у кінці кожної години протягом доби).

За результатами виконаних спостережень на тестовій ділянці була обчислена приведена інтенсивність транспортного потоку за визначеними у [6] коефіцієнтами приведення за формулою

$$I_{np} = 6 \sum_{i=1}^k n_i k_{np} , \quad (1)$$

де n_i – кількість транспортних засобів i -ї групи за один період спостереження;

k_{np} – коефіцієнт приведення;

k – кількість груп транспорту.

Результати обчислень зображені на графіку рис. 1.

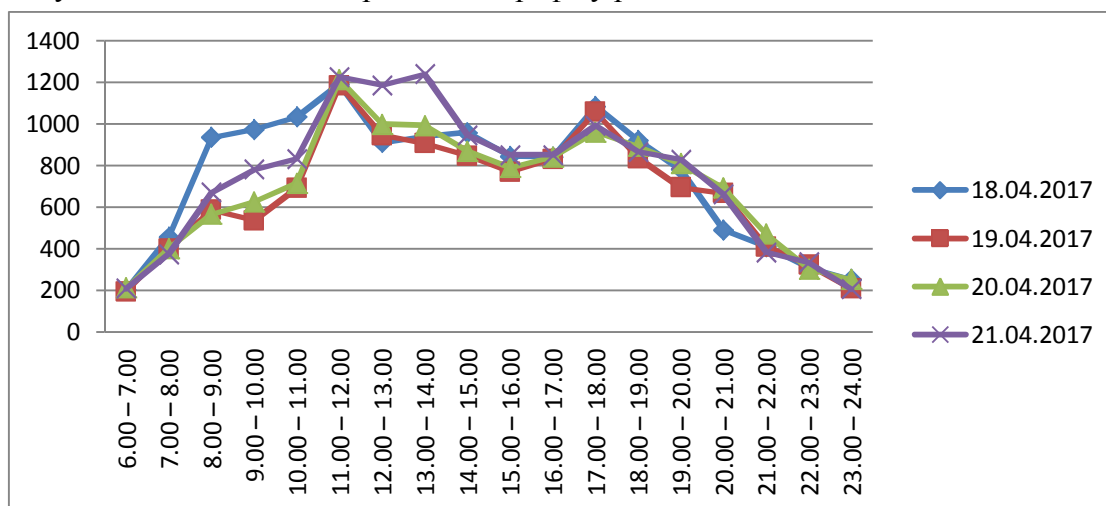


Рис. 1. Розподіл приведеної інтенсивності автомобільного руху на тестовій ділянці по датах вимірювання

Вважаючи, що значення приведеної інтенсивності автомобільного руху на кожне вимірювання є випадковою величиною, можна знайти оцінку математичного сподівання

$$\tilde{m}_{I_{np}} = m_{I_{np}}^* = \frac{\sum_{i=1}^n I_{np_i}}{n} , \quad (2)$$

де n – кількість вимірювань;

та середньоквадратичне відхилення оцінки математичного сподівання приведеної інтенсивності автомобільного руху на кожну годину вимірювання

$$\sigma_{\tilde{m}_{I_{np}}} \approx \sqrt{\frac{\tilde{D}_{I_{np}}}{n}} ; \tilde{D}_{I_{np}} = \frac{n}{n-1} D_{I_{np}}^* = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (I_{np_i} - \tilde{m}_{I_{np}})^2 , \quad (3)$$

де $D_{I_{np}}^*$ – статистична дисперсія;

$\tilde{D}_{I_{np}}$ – оцінка дисперсії приведеної інтенсивності автомобільного руху.

Графіки обчислених оцінок наведені на рис. 2.

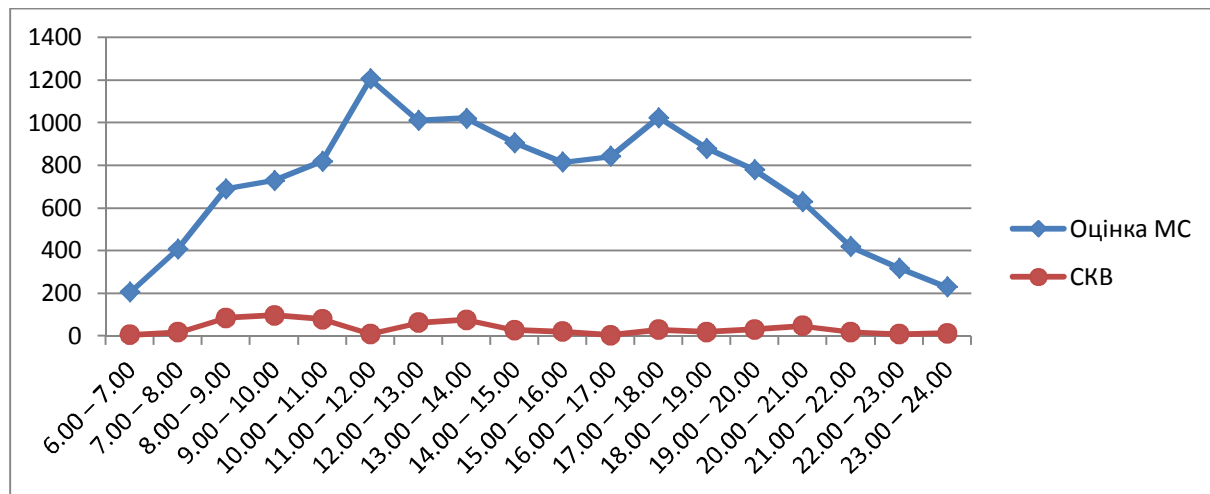


Рис. 2. Оцінка математичного сподівання та середньоквадратичне відхилення оцінки математичного сподівання приведеної інтенсивності транспортного потоку на тестовій ділянці

Припустивши, що розподіл випадкової величини приведеної інтенсивності автомобілів відповідає нормальному закону, визначимо довірчий інтервал для імовірності настання події $P = 0,95$.

Значення аргументу нормальної функції розподілу для імовірності $\frac{1-\beta}{2} = 0,95$ становить $\tau_\beta = 1,645$ (таблична величина). При цьому довірчий інтервал становитиме

$$I_\beta = \left(\tilde{m}_* (I_{np}); \tilde{m}^* (I_{np}) \right) = \left(\tilde{m}_{I_{np}} - \tau_\beta \sigma_{\tilde{m}_{I_{np}}}; \tilde{m}_{I_{np}} + \tau_\beta \sigma_{\tilde{m}_{I_{np}}} \right).$$

Обчислене значення довірчого інтервалу для оцінки математичного сподівання зображене на графіку рис. 3.

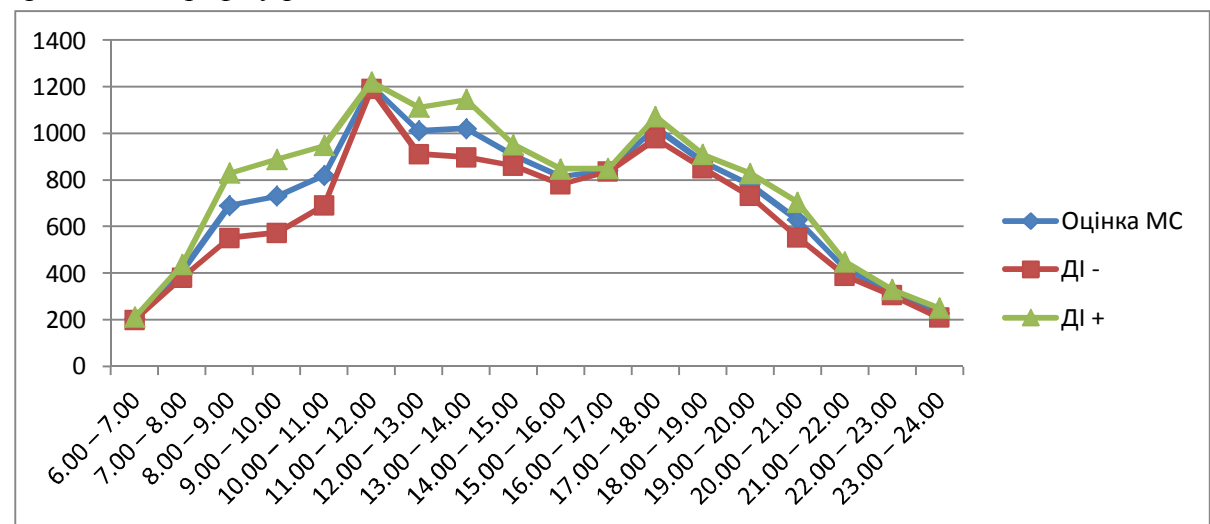


Рис. 3. Довірчий інтервал оцінки математичного сподівання приведеної інтенсивності транспортного потоку: ДІ- – нижня оцінка; ДІ+ – верхня оцінка

Проаналізувавши довірчий інтервал, зображений на рис. 3, можна зробити висновки про суттєві відхилення випадкової величини приведеної інтенсивності транспортного потоку від оцінки математичного сподівання на ділянках часу з 8:00 до 11:00 та з 13:00 до 14:00. Відповідно до цього, за принципом подібності, можна очікувати аналогічну нерівномірність на інших ділянках вулично-дорожньої мережі міста.

Кінцеві результати вимірювань приведеної інтенсивності автомобільного руху на тестовій ділянці та відповідні оцінки наведені у таблиці.

Таблиця

Добові значення приведеної інтенсивності автомобільного руху на тестовій ділянці та їх оцінка

Параметр	Дата вимірювання	Результат вимірювань, од
Приведена добова інтенсивність автомобільного руху	18.04.2017	13 557
	19.04.2017	12 120
	20.04.2017	12 624
	21.04.2017	13 464
Оцінка математичного очікування приведеної інтенсивності автомобільного руху		12 941,3
Нижня оцінка приведеної інтенсивності автомобільного руху		11 891,5
Верхня оцінка приведеної інтенсивності автомобільного руху		13 990,9

Верхня оцінка відносної похибки приведеної добової інтенсивності автомобільного руху I_{np}^o , для обчислення якої можна скористатися підходом, наведеним у [10], становитиме

$$\Delta(\tilde{m}_{I_{np}}) = \frac{\tilde{m}^*(I_{np}^o) - \tilde{m}_*(I_{np}^o)}{2} \frac{100}{\tilde{m}(I_{np}^o)}, \quad (4)$$

і може сягати для нашого випадку 9,0 %. Проте за умови виконання вимірювань у значеннях відносно невеликого довірчого інтервалу верхня оцінка відносної похибки вимірювань не перевищить 4,6 %, що в цілому буде задовольняти вимозі з визначення інтенсивності прибирання вулично-дорожньої мережі, що висуюються у [5; 6].

Одержавши оцінку функції $I_{np}^o = f(t)$, можна визначити значення частки приведеної інтенсивності потоку (рис. 4), що в подальшому дозволить проводити вимірювання параметра приведеної інтенсивності автомобільного руху за скороченими процедурами, а саме однократними процедурами у конкретно визначений час, після чого визначалося добове значення приведеної інтенсивності.

За для підвищення достовірності та надійності результатів, враховуючи нерівномірність приведеної інтенсивності автомобільного руху в деякі інтервали часу, а також те, що на окремих ділянках вулично-дорожньої мережі функція оцінки $I_{np}^o = f(t)$ може мати дещо інший характер, вимірювання проводили тричі на день – ранковий час, обідній та вечірній час. Для кожного з вимірів обчислювали добову інтенсивність та знаходили оцінку математичного сподівання по трьох вимірах. У рекомендаціях по вимірюваннях було визначено уникати години нерівномірності приведеної інтенсивності автомобільного руху. Результати вимірювань по інших ділянках вулично-дорожньої мережі одержували відповідно оцінку. Так, приведена інтенсивність автомобільного руху по вул. Рокосовського, яка виміряна та обчислена за запропонованою методикою, становила 19 385 одиниць, а виміряна шляхом щогодинного підрахунку 19 983 одиниці, при цьому відносна похибка становила 3 %.

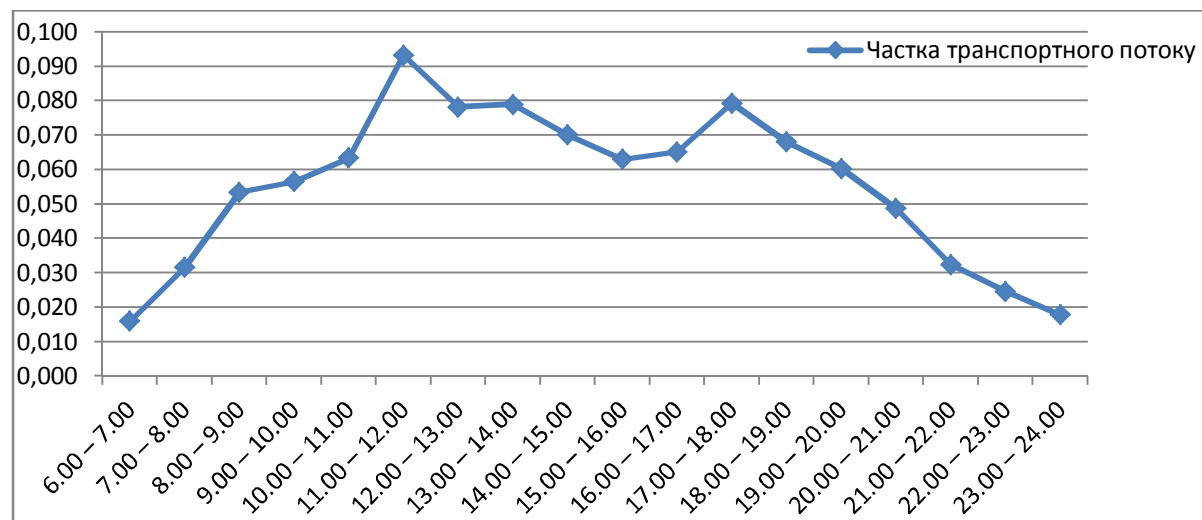


Рис. 4. Частка приведеної інтенсивності автомобільного руху на години вимірювання

Аналогічним чином здійснювався розрахунок приведеної інтенсивності руху пішоходів та складу транспортного потоку (що також впливає на рівень засміченості).

Важливим чинником в організації механізованого прибирання вулично-дорожньої мережі, на думку авторів, є врахування імпедансу елементів мережі, зокрема світлофор, пішохідний перехід, пересічення з головною дорогою. За нашими спостереженнями, такі елементи чинять вплив на часові параметри прибирання дорожнього полотна. Очевидно, що під час нічного прибирання величина імпедансу зводиться до нульового значення, але денне прибирання, навіть поза часи пік, дістають суттєвого впливу на затримку прибиральної техніки при пересуванні по маршруту. Введення величини імпедансу в наступному потребуватиме удосконалення методичних рекомендації [5].

Імпеданс визначався як частка часового інтервалу, коли прибиральний транспортний засіб не в змозі подолати перешкоду по відношенню до загального часу спостереження. В подальшому агрегування часткових значень імпедансу можливе шляхом усередненням (груба оцінка) або з використанням апарату систем масового обслуговування.

Висновки і пропозиції. Описана методика визначення параметрів вулично-дорожньої мережі дозволяє дістати вихідних даних для розв'язування задачі оптимізації мережі прибирання вулиць та доріг міста. Статистичні дані за проведеними оцінками мали достатню достовірність та надійність для поставленої задачі.

Одержані результати у дійсний час закладаються в параметричну геоінформаційну модель вулично-дорожньої мережі міста. Застосування геоінформаційного моделювання дозволить суттєво скоротити зусилля на розв'язуванні задачі оптимізації системи механічного прибирання вулично-дорожньої мережі міста Чернігова.

Список використаних джерел

1. Корнієнко І. В. Стан і напрями розв'язання проблеми утилізації екологічно небезпечних побутових відходів / І. В. Корнієнко, А. І. Кошма // Чернігівський науковий часопис. Серія 2: Техніка і природа. – 2012. – № 1 (3). – С. 122–127.
2. Корнієнко І. В. Декомпозиція задачі формування просторової структури мережі збору побутових відходів / І. В. Корнієнко, А. І. Кошма // Технічні науки та технології : науковий журнал. – 2015. – № 1 (1). – С. 113–118.
3. Корнієнко І. В. Розробка моделі мережі роздільного збирання твердих побутових відходів / І. В. Корнієнко, С. П. Корнієнко, А. І. Кошма // Технічні науки та технології : науковий журнал. – 2016. – № 1 (3). – С. 122–130.
4. Корнієнко І. В. Моделювання інтенсивності надходження твердих побутових відходів до контейнерних майданчиків / І. В. Корнієнко, С. П. Корнієнко, А. І. Кошма // Технічні науки та технології : науковий журнал. – 2016. – № 2 (4). – С. 110–117.

5. *Методичні рекомендації з прибирання території об'єктів благоустрою населених пунктів* [Електронний ресурс] : затв. Наказом Міністерства з питань житлово-комунального господарства України від 07.07.08 № 213. – Режим доступу : Режим доступу: blagoustruy.info/media/legislation/10082b78-62d1-4e97-b971-00ce91349f17.doc.

6. *Технічні правила ремонту і утримання вулиць та доріг населених пунктів* [Електронний ресурс] : затв. Наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 14.02.2012 № 54. – Режим доступу : zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0365-12.

7. *Приймаченко О. В.* Містобудівні принципи і методи утримання вулично-дорожньої мережі міста : дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.23.20 «Містобудування та територіальне планування» / О. В. Приймаченко ; Київський національний університет будівництва і архітектури. – К., 2007. – 130 с.

8. *Методика проведення аудиторських перевірок з безпеки дорожнього руху на стадії експлуатації автомобільних доріг загального користування* : М 03450778 - 700:2012. – [Чинний від 2012-01-01]. – К. : Укравтодор, 2012. – 63 с. – (Методика Укравтодору).

9. *Генеральний план міста Чернігова* // Офіційний веб-портал Чернігівської міської ради [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.chernigiv-rada.gov.ua/project/gorstroydoc/7257>.

10. *Корнієнко І. В.* Оцінка ефективності просторово-розподілених телекомунікаційних мереж / І. В. Корнієнко, С. П. Корнієнко // Чернігівський науковий часопис. Серія 2, Техніка і природа : електронний збірник наукових праць. – 2011. – № 1(1). – С. 96–101.

References

1. Korniienko, I.V., Koshma, A.I. (2012). Stan i napriamy rozviazannia problemy utylizatsii ekolohichno nebezpechnykh pobutovykh vidkhodiv [Status and directions of the solution of the problem of utilization of environmentally hazardous household waste]. *Chernihivskiyi naukovyi chasopys. Seriya 2: Tekhnika i pryroda – Scientific e-journal. Series 2. Technique and nature: collected scientific articles*, № 1 (3), pp. 122–127 (in Ukrainian).

2. Korniienko, I.V., Koshma, A.I. (2015). Dekompozytsiia zadachi formuvannia prostorovoi struktury merezhi zboru pobutovykh vidkhodiv [Decomposition of the problem of formation of the spatial structure of the network household waste disposal]. *Tekhnichni nauky ta tekhnolohii: naukovyi zhurnal – Technical sciences and technologies: scientific journal*, № 1 (1), pp. 113–118 (in Ukrainian).

3. Korniienko, I.V., Korniienko, S.P., Koshma, A.I. (2016). Rozrobka modeli merezhi rozdilnoho zbyrannia tverdykh pobutovykh vidkhodiv [Developing a model network of separate collection of solid waste]. *Tekhnichni nauky ta tekhnolohii: naukovyi zhurnal – Technical sciences and technologies: scientific journal*, № 1 (3), pp. 122–130 (in Ukrainian).

4. Korniienko, I.V., Korniienko, S.P., Koshma, A.I. (2016). Modeliuvannia intensyvnosti nadkhozhdzhennia tverdykh pobutovykh vidkhodiv do konteynernykh maidanchykv [Simulation intensity flow of solid waste to the container sites]. *Tekhnichni nauky ta tekhnolohii: naukovyi zhurnal – Technical sciences and technologies: scientific journal*, № 2 (4), pp. 110–117 (in Ukrainian).

5. *Metodychni rekomendatsii z prybyrannia terytorii ob'ektiv blahoustroiu naselenykh punktiv: zatv. Nakazom Ministerstva z pytan zhytlovo-komunalnoho hospodarstva Ukrainy vid 07.07.08 № 213* [Methodical recommendations for cleaning the territory of the objects of improvement of settlements: Order of Ministry of Housing and Communal Services of Ukraine dated 07.07.08 № 213]. Retrieved from <http://blagoustruy.info/media/legislation/10082b78-62d1-4e97-b971-00ce91349f17.doc>.

6. *Tekhnichni pravyla remontu i utrymannia vulyts ta dorih naselenykh punktiv: zatv. Nakazom Ministerstva rehionalnoho rozvytku, budivnytstva ta zhytlovo-komunalnoho hospodarstva Ukrainy vid 14.02.2012 № 54* [Technical rules for the repair and maintenance of streets and roads of settlements: Order of Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Communal Services of Ukraine dated February 14, 2012 No. 54]. Retrieved from <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0365-12>.

7. Prymachenko, O.V. (2007). Mistobudivni pryntsyipy i metody utrymannia vulychno-dorozhnoi merezhi mista [Town-planning principles and methods of maintenance of street-road network of the city]. *Candidate's thesis*. Kyiv: KNUBA (in Ukrainian).

8. *Metodyka provedennia audytorskykh perevirok z bezpeky dorozhnoho rukhu na stadii ekspluatatsii avtomobilnykh dorih zahalnoho korystuvannia* М 03450778 - 700:2012 [Chynnyi vid 2012-01-01] [Met-

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

hodology of carrying out road safety audits at the stage of operation of public highways M 03450778 - 700:2012 [Effective from 01/01/2012]. (Methodology of Ukravtodor)]. Kyiv: Ukravtodor (in Ukrainian).

9. *Heneralnyi plan mista Chernihova [The general plan of the city of Chernihiv]*. Ofitsiyniy veb-portal Chernihivskoi miskoi rady [the official web-portal of the Chernihiv City Council]. <http://www.chernigiv-rada.gov.ua>. Retrieved from: <http://www.chernigiv-rada.gov.ua/project/gorstroydoc/7257>.

10. Korniienko, I.V., Korniienko, S.P. (2011). Otsinka efektyvnosti prostorovo-rozpodilenykh telekomunikatsiinykh merezh [Evaluating the effectiveness of spatially distributed telecommunications networks]. *Chernihivskiyi naukovyi chasopys. Seriya 2, Tekhnika i pryroda – Scientific e-journal. Series 2. Technique and nature: collected scientific articles, № 1 (1)*, pp. 96–101 (in Ukrainian).

UDC 711.4

*Ihor Korniienko, Svitlana Korniienko, Artem Koshma,
Oleksandr Bohukalets, Viktoriia Yarova*

SUBSTANTIATION OF THE DETERMINATION METHOD OF INITIAL PARAMETERS FOR NETWORK OPTIMIZATION OF THE STREETS MECHANIZED CLEANING OF THE SETTLEMENT

Urgency of the research. Qualitative and timely cleaning of the city's street-traffic system requires substantial financial and material costs. Optimization of the use of technical resources of cleaning will reduce costs.

Target setting. Substantiation of the method of obtaining initial data of sufficient credibility and reliability.

Actual scientific researches and issues analysis. Finding ways to reduce the cost of cleaning cities is carried out by many scientists from different countries all over the world.

Uninvestigated parts of general issues defining. Collecting the initial data of the street and traffic system, according to existing methods, is a painstaking process with large human-hour costs. Existing abbreviated methods for determining parameters have a high measurement error.

The statement of basic materials. According to the existing national methods, rules and norms of street mechanized cleaning the structure of the outgoing parameters of the street-traffic system is substantiated. Improvement of the express method of calculating the intensity of the automobile movement for which data are given point statistic estimations is proposed. The example shows that the application of the reduced procedure for measuring the intensity of the automobile traffic allows obtaining the initial data necessary for the accuracy of the problem of optimizing the system of cleaning the street-traffic system.

Conclusions. The proposed method of reduced measurements provides the necessary credibility and reliability of the initial data.

Key words: street-traffic system cleaning; optimization; traffic intensity.

Tabl.: 1. Fig.: 4. Bibl.: 10.

УДК 711.4

*Игорь Корниенко, Светлана Корниенко, Артем Кошма,
Александр Богукалец, Виктория Яровая*

ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ СЕТИ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ УБОРКИ УЛИЦ НАСЕЛЕННОГО ПУНКТА

Рассмотрены вопросы сбора и статистической обработки исходных данных для дальнейшей оптимизации структуры и параметров сети механизированной уборки улиц и дорог населенного пункта. Предложено усовершенствование экспресс метода вычисления интенсивности автомобильного движения, для которого даны точечные статистические оценки. На примере показано, что применение сокращенной процедуры измерения интенсивности автомобильного движения позволяет получить исходные данные, требуемой точности для задачи оптимизации системы уборки улично-дорожной сети. Дается пример применения усовершенствованного экспресс метода.

Ключевые слова: уборка улично-дорожной сети; оптимизация; интенсивность движения.

Табл.: 1. Рис.: 4. Библ.: 10.

Корнієнко Ігор Валентинович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри геодезії, картографії та землеустрою, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Белова, 4, м. Чернігів, 14000, Україна).

Корнієнко Ігорь Валентинович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры геодезии, картографии и землеустройства, Черниговский национальный технологический университет (ул. Белова, 4, г. Чернигов, 14000, Украина).

Korniienko Ihor – PhD in Technical Sciences, Associate professor of Geodesy, Cartography and Land Planning Department, Chernihiv National University of Technology (4 Belova Str., 14000 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: cornel@ukr.net

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9105-0780>

Корнієнко Світлана Петрівна – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри вищої та прикладної математики, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Белова, 4, м. Чернігів, 14000, Україна).

Корнієнко Светлана Петровна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры высшей и прикладной математики, Черниговский национальный технологический университет (ул. Белова, 4, г. Чернигов, 14000, Украина).

Korniienko Svitlana – PhD in Technical Sciences, Associate professor of higher and applied mathematics, Chernihiv National University of Technology (4 Belova Str., 14000 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: cornel@ukr.net

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9162-1229>

Кошма Артем Іванович – аспірант, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Белова, 4, м. Чернігів, 14000, Україна).

Кошма Артём Иванович – аспирант, Черниговский национальный технологический университет (ул. Белова, 4, г. Чернигов, 14000, Украина).

Koshma Artem – PhD student, Chernihiv National University of Technology (4 Belova Str., 14000 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: akoshma@gmail.com

Богукалець Олександр Олександрович – студент, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Белова, 4, м. Чернігів, 14000, Україна).

Богукалец Александр Александрович – студент, Черниговский национальный технологический университет (ул. Белова, 4, г. Чернигов, 14000, Украина).

Bohukalets Oleksandr – student, Chernihiv National University of Technology (4 Belova Str., 14000 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: sania.bohukalets@gmail.com

Ярова Вікторія Володимирівна – студентка, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Белова, 4, м. Чернігів, 14000, Україна).

Яровая Виктория Владимировна – студентка, Черниговский национальный технологический университет (ул. Белова, 4, г. Чернигов, 14000, Украина).

Yarova Viktoriia – student, Chernihiv National University of Technology (4 Belova Str., 1400 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: viktoria.yarova@gmail.com

Владислав Смілка

ЗАДАЧІ ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ МІСТОБУДІВНОГО МОНІТОРИНГУ ЗЕМЕЛЬ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ

Актуальність теми дослідження. *Перехід держави до ринкових відносин в економіці, поява безлічі власників нерухомого майна, у тому числі на землю, багатьох учасників економічної діяльності, які приймають самостійні рішення, перенесли на місцевий рівень планування території основний центр ваги управлінських впливів на функціонування та розвиток містобудівних систем. Саме тому виникає необхідність розглядати місто як живий організм, який має свої закономірні зв'язки, спрямовані на забезпечення комфортного середовища для людини. Функціонування та розвиток населеного пункту як складної соціо-еколого-економіко-просторової системи потребує організації комплексу заходів з управління та контролю її діяльності, спостереження за станом усіх складових.*

Постановка проблеми. *Забезпечення процесу містобудівного моніторингу земель населених пунктів належить до сфери управління мінімум двох галузей, зокрема, до містобудівної діяльності та до регулювання земельних відносин. Сьогодні у великих містах часто виникають земельні та містобудівні конфлікти. З метою системного вирішення проблеми необхідно розробити заходи для попередження у майбутньому таких конфліктів у населених пунктах. Системою, яка здатна виконувати функції обґрунтування містобудівних рішень та регулювання земельних питань для забезпечення сталого розвитку територій зі збалансованим врахуванням соціальних, екологічних та економічних факторів, є містобудівний моніторинг земель населених пунктів.*

Аналіз останніх досліджень і публікацій. *Стаття ґрунтується на опублікованих теоретичних наукових працях стосовно управління земельними ресурсами, досліджень інформаційного забезпечення містобудівної діяльності, організації спостережень за об'єктами в населених пунктах.*

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. *Науковцями досліджувались питання окремого розвитку галузевих моніторингів з можливістю інформаційної взаємодії між системами. Однак на практиці автоматизована взаємодія між моніторинговими системами не реалізована. На сьогодні на місцевому рівні управління територіальними ресурсами виникає необхідність у комплексному багатопрофільному проведенні моніторингових досліджень, але така ідея потребує дослідження науковими методами.*

Постановка завдання. *Необхідно проаналізувати задачі, які покладаються на системи моніторингових досліджень в галузях містобудівної діяльності та регулювання земельних відносин, а також запропонувати шляхи їх вдосконалення з урахуванням розвитку новітніх технологій та методів спостереження. Це дослідження стосується спостережень за станом об'єктів у межах населених пунктів.*

Викладення основного матеріалу. *Земельний кодекс України визначає основні завдання до моніторингу земель, які полягають у ліквідації наслідків деградації земельних ділянок, усунення дії негативних процесів.*

Порядком ведення містобудівного моніторингу визначено завдання містобудівного моніторингу, які полягають у отриманні показників стану і змін об'єктів містобудування відповідно до містобудівної документації для оцінки та прогнозу впливу на забезпечення сталого розвитку території з урахуванням державних та громадських інтересів.

Містобудівний моніторинг земель населених пунктів є комплексною системою спостереження за об'єктами в межах населених пунктів.

Містобудівний моніторинг, як і містобудівний кадастр, і земельний кадастр, і система державного управління, має три ієрархічні рівні: державний, регіональний та місцевий (міський). Таким чином, необхідно уточнити задачі містобудівного моніторингу земель на всіх ієрархічних рівнях системи його управління з урахуванням територіальної масштабності об'єкту спостереження і законодавчих підходів.

У статті сформульовано основні задачі з удосконалення системи містобудівного моніторингу земель населених пунктів.

Висновки відповідно до статті. *Вирішення зазначених задач на місцевому рівні територіального управління сприятиме відкритості для громадськості земельних та містобудівних рішень, інформатизації суспільства, сформується базова основа для вирішення проблем територіального управління за межами населених пунктів, з'явиться передумова для інтеграції інших галузевих моніторингів (довкілля, лісового, водного).*

Ключові слова: *містобудівний моніторинг; кадастр; землі населених пунктів; система, інформація; сталий розвиток. Табл.: 2. Бібл.: 10.*

Постановка проблеми. *Забезпечення процесу містобудівного моніторингу земель населених пунктів належить до сфери управління двох галузей, а саме: до містобудівної діяльності та до регулювання земельних відносин. Сьогодні у великих містах часто виникають земельні та містобудівні конфлікти. З метою системного вирішення проблеми необхідно розробити заходи з попередження у майбутньому таких конфліктів у населених пунктах. Системою, що здатна виконувати функції обґрунтування містобудівних рішень та регулювання земельних питань для забезпечення сталого розвитку територій зі збалансованим врахуванням соціальних, екологічних та економічних факторів, є містобудівний моніторинг земель населених пунктів.*

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Стаття ґрунтується на опублікованих теоретичних наукових працях стосовно:

- управління земельними ресурсами, які виконані вченими В. Г. В'юном, В. В. Горлачуком, Д. С. Добряком, О. Я. Панчуком, О. С. Петраковською, Л. Я. Новаківським, А. М. Третяком та ін.;

- досліджень інформаційного забезпечення містобудівної діяльності таких авторів, як М. М. Габрель, М. М. Дьомін, Г. І. Лаврик, А. А. Лященко, А. П. Осітнянко, О. І. Сингаївська, В. Д. Шипулін та ін.;

- організації спостережень за об'єктами в населених пунктах, які досліджувались ученими О. М. Горбань, Є. Ю. Гнатченко, М. В. Губіною, Л. П. Пановою, К. О. Сорокою, С. О. Шубович.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Законодавство у сфері регулювання земельних відносин передбачає створення системи моніторингу земель для спостереження за станом земель з метою своєчасного виявлення змін, їх оцінки, відвернення та ліквідації наслідків негативних процесів. Водночас містобудівним законодавством передбачено створення системи містобудівного моніторингу для спостережень, аналізу реалізації містобудівної документації, оцінки та прогнозу стану і змін об'єктів містобудування.

Органам місцевого самоврядування, які безпосередньо реалізують землевпорядку та містобудівну політику на місцях, дуже необхідно комплексно володіти ситуацією про стан земельних ресурсів і об'єктів містобудування та розуміти перспективну містобудівну ситуацію для прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

Науковцями досліджувались питання окремого розвитку галузевих моніторингів з можливістю інформаційної взаємодії між системами. Однак на практиці автоматизована взаємодія між моніторинговими системами не реалізована. На сьогодні на місцевому рівні управління територіальними ресурсами виникає необхідність у комплексному багатопрофільному проведенні моніторингових досліджень, але така ідея потребує дослідження науковими методами.

Мета статті. Проаналізувати задачі, які покладаються на системи моніторингових досліджень у галузях містобудівної діяльності та регулювання земельних відносин, а також запропонувати шляхи їх вдосконалення з врахуванням розвитку новітніх технологій та методів спостереження. Дослідження стосується спостереженням за станом об'єктів виключно в межах населених пунктів.

Виклад основного матеріалу. В Україні прийнято чимало документів, у яких закладені основи ведення галузевих кадастрів та моніторингів, захисту та контролю земель. Питанням практичного ведення моніторингових досліджень земель у державі займаються багато установ та організацій. Однак урахування результатів моніторингових досліджень під час прийняття рішень та забезпечення охоронних функцій земель не набули системного характеру.

Моніторинг земель має стати основоположним заходом, що здатен інформувати про стан земель у населеному пункті та за його межами, а також сигналізувати про виявлені порушення земельного законодавства та містобудівної документації з метою прийняття оперативних рішень щодо вирішення ситуації.

Земельний кодекс України визначає основні завдання до моніторингу земель загалом, які полягають у прогнозі еколого-економічних наслідків деградації земельних ділянок з метою запобігання або усунення дії негативних процесів.

Можна деталізувати завдання моніторингу земель, до яких відносяться: довгострокові безперервні спостереження за станом земель; своєчасне виявлення змін стану земель; аналіз екологічного стану земель; оцінка виявлених змін стану земель, прогноз і

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

напрацювання рекомендацій щодо запобігання негативним процесам та усунення їх наслідків; інформаційно-аналітичне забезпечення ведення державного земельного кадастру, землекористування, землеустрою, державного контролю за охороною та використанням земель [1; 2].

Порядком ведення містобудівного моніторингу, затвердженого наказом Мінрегіону України від 01.09.2011 № 170, визначено завдання містобудівного моніторингу, які полягають у отриманні показників стану і змін об'єктів містобудування відповідно до містобудівної документації для оцінки та прогнозу впливу на забезпечення сталого розвитку територій з урахуванням державних та громадських інтересів [3].

Містобудівний моніторинг земель населених пунктів є комплексною системою спостереження за об'єктами в межах населених пунктів.

Насамперед необхідно чітко визначити структуру суб'єкта й об'єкта містобудівного моніторингу земель населених пунктів з урахуванням конституційно встановленим адміністративно-територіальним устроєм. Основоположним для наукового дослідження є факт впровадження проголошеної урядом України реформи системи державного управління, зокрема децентралізації влади та адміністративної реформи.

До населених пунктів відносяться міста, селища і села. Відповідно до статистичної інформації [4] в Україні налічується 460 міст, 885 селищ міського типу, 28 377 сільських населених пунктів. Динаміка зміни кількості населених пунктів наведена у табл. 1.

Таблиця 1

Динаміка зміни кількість населених пунктів в Україні

Тип населеного пункту	Кількість населених пунктів				
	Станом на 01.01.1990	Станом на 01.01.2001	Станом на 01.01.2011	Станом на 01.01.2017	Різниця за 27 років
Місто	436	451	459	460	24
Селище міського типу	927	892	885	885	-42
Сільський населений пункт	28804	28619	28457	28377	-427
Разом	30167	29962	29801	29722	-445

За даними Держгеокадастру України станом на 01.01.2015 встановлено межі згідно з проектами землеустрою щодо встановлення і зміни меж населених пунктів лише для 16,8 тис. населених пунктів, включаючи міста, селища міського типу і села, що становить 57 % від їх загальної кількості. У більшості населених пунктів існують формально встановлені межі. Станом на 1 січня 2015 року загальна площа населених пунктів становить 7424 тис. гектарів, або 12 % від площі України [1; 5].

Державні будівельні норми України ДБН 360-92** «Містобудування. Планування та забудова міських і сільських поселень» [6] визначають типологію населених пунктів залежно від чисельності населення.

Відсутність уточнення картографічного матеріалу щодо встановлення меж адміністративно-територіальних утворень призводить до перевищення власних повноважень органів виконавчої влади та місцевого самоврядування при прийнятті розпорядчих документів щодо використання земельних ділянок. Існує проблема з розробленням містобудівної документації – відсутні актуальні генеральні плани населених пунктів, оскільки на їх підставі здійснюється встановлення меж міст.

Крім того, адміністративно-територіальна реформа передбачає перегляд меж адміністративних районів і сільських рад, а на їх основі утворення територіальних органів – місцевих громад, які можуть у себе включати до 16 населених пунктів. Зазначена реформа стане причиною перегляду містобудівної документації в сільській місцевості, оскільки генеральні плани сільських населених пунктів включали схеми розвитку селищани рад. Після об'єднання громад утворюються якісно нові адміністративно-територіальні утворення, які повинні мати комунікаційні, інформаційні, адміністративні зв'язки та ро-

звиватись на довготерміновій основі з урахуванням соціальних, екологічних, економічних принципів. Досягти цієї мети можливо шляхом розроблення містобудівної документації місцевого рівня.

Інформація про стан забезпечення території населених пунктів в Україні містобудівною документацією міського рівня станом на 2016 рік наведена у табл. 2.

Таблиця 2

Забезпечення містобудівної документації на місцевому рівні

	Обласні центри	Міста обласного значення	Міста районного значення	Селища міського типу	Сільські населені пункти
Кількість населених пунктів	26	189	245	885	28 377
Генеральні плани, розроблені після 1991 року	26 (100 %)	131 (69 %)	139 (57 %)	260 (29 %)	1709 (6 %)
Генеральні плани, розроблені до 1991 року	-	-	-	568 (64 %)	17813 (62 %)
Відсутні генеральні плани	-	-	-	49 (6 %)	8855 (31 %)
Потребують оновлення, розроблення	5 (19 %)	60 (32 %)	130 (56 %)	641 (72 %)	26769 (94 %)

Містобудівний моніторинг, як і містобудівний кадастр, і земельний кадастр, і система державного управління, має три ієрархічні рівні: державний, регіональний та місцевий (міський). Таким чином, необхідно уточнити задачі містобудівного моніторингу земель на всіх ієрархічних рівнях системи його управління з урахуванням територіальної масштабності об'єкта спостереження і законодавчих підходів.

На державному рівні визначається довгостроковий напрям розвитку країни, охорони національних ресурсів та збереження екології [2]. Основною метою державного рівня всіх галузей в Україні є забезпечення збалансованого комплексного розвитку з урахуванням соціального, економічного аспектів. Для досягнення цієї мети досліджуються та виявляються конфліктні ситуації між екологічними, культурними, соціальними та економічними напрямками розвитку окремих регіонів та встановлюються пріоритетні напрямки розвитку галузей залежно від потенціалу територій та прогнозних показників виробництва, соціальної та інженерно-транспортної інфраструктури та використання земель. Ці пріоритети відображаються в Генеральній схемі планування території України, програмах соціально-економічного розвитку, програмах охорони природних ресурсів та державних галузевих програмах.

Суб'єкти управління державного рівня повинні забезпечити достатні законодавчо-нормативні умови для здійснення містобудівної діяльності, регулювання земельних відносин та всіх їх складових, зокрема таких задач:

- завершення адміністративно-територіальної реформи;
- створення інфраструктури просторових даних;
- забезпечення умов для розроблення містобудівної документації всіх рівнів містобудівного проектування;
- розроблення єдиної кадастрової системи для задоволення інформаційних потреб;
- забезпечення умов для публічного доступу до містобудівної, землевпорядної документації та статистичної інформації;
- розробка відповідних технологій ведення моніторингових досліджень;
- забезпечення адекватної відповідальності за порушення земельного та містобудівного законодавства.

Деталізація задач державного рівня здійснюється на регіональному рівні управління системи. На цьому рівні проводиться дослідження потенціалу території з урахуванням екологічних, економічних, культурних, соціальних, природних, демографічних, виробничих та інженерно-транспортних особливостей областей. На підставі виявлених дис-

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

пропорцій, особливостей і властивостей регіонів визначають прогностичні галузеві показники областей і плануються шляхи їх досягнення. На підставі розроблених заходів розробляються нормативно-правові акти і містобудівна, землевпорядна та кадастрова документація регіонального рівня.

Крім того, на регіональному рівні вирішуються такі задачі:

- агрегування інформації з місцевого рівня;
- забезпечення державних інтересів та планів розвитку при плануванні території та використанні земель;
- збір статистичної інформації та моніторинг реалізації державних програм;
- порівняння розвитку адміністративно-територіальних одиниць;
- розроблення регіональних програм розвитку.

На місцевому рівні системи управління населеним пунктом збалансовані умови життєдіяльності населення забезпечуються шляхом розроблення містобудівної документації, визначення функціонально-планувальної структури всіх елементів території (від планувальної зони до земельної ділянки) [7]. При цьому мають бути вирішені питання забезпеченості житлової забудови об'єктами обслуговування населення, громадським простором, зеленими зонами, інженерно-транспортною інфраструктурою та місцями прикладання праці з урахуванням екологічної безпеки, збереження природної та культурної спадщини, сучасних соціальних стандартів та цивільного захисту населення [8; 9].

Безпосередньо на місцевому рівні здійснюється контроль за дотриманням законодавства, правил, норм і стандартів, та інформаційне наповнення баз даних земельного та містобудівного кадастрів.

Крім вирішення завдань, спрямованих на сталий розвиток територій, мають бути забезпечені необхідні організаційні та земельні ресурси для виконання державних і регіональних програм, які враховуються у процесі розроблення містобудівної документації – генеральних планів населених пунктів, планів зонування та детальних планів території.

Територіальне управління в населених пунктах може бути здійсненим тільки на підставі комплексного системного аналізу прийняття рішень, які базуються на:

- цілеспрямованості прийняття рішень;
- сприйнятті суб'єкта й об'єкта управління як системи з властивими їй підсистемами;
- тотожності понятійного апарату містобудівної, землевпорядної і кадастрової діяльності;
- ієрархічному підході визначення мети та реалізації задач, аналізі взаємозв'язків між цілями та задачами на всіх рівнях управління;
- чіткому структуруванню управлінської ситуації за ступенем наявності в ній невизначеності;
- прийнятті рішень на підставі аналітичних розрахунків та даних моніторингу;
- багатокритеріальному підході прийняття оптимального рішення [2].

З огляду на вищенаведене та реалії сьогодення сформулюємо основні задачі з вдосконалення системи містобудівного моніторингу земель населених пунктів:

1. З прийняттям Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності» генеральні плани визначені безтерміновими. Повноваження з планування території на місцевому рівні, покладені на місцеві органи влади, і розроблення містобудівної документації здійснюються за рахунок коштів відповідних бюджетів. У зв'язку з вищевикладеним прийняття рішення про необхідність розроблення нового генерального плану населеного пункту або його оновлення, або внесення змін до нього приймають відповідні місцеві ради. Прийняття таких рішень повинно здійснюватись на основі результатів містобудівного моніторингу земель населених пунктів. Необхідно розробити

алгоритм, методичну основу та рекомендації для обґрунтованого прийняття рішень щодо містобудівного проектування.

2. Галузеві моніторингові системи у своїй діяльності можуть здійснювати спостереження за тими ж самими об'єктами, виділяючи при цьому специфічні характеристики та властивості. Важливою задачею є вдосконалення структури моніторингових досліджень у межах населених пунктів з метою систематизації інформації, усунення дублювання інформації, налагодження взаємодії між підрозділами, що здійснюють спостереження за просторовими об'єктами [10].

3. У практику моніторингу слід запроваджувати можливості математичного моделювання для оптимізації містобудівних та управлінських рішень. Необхідно розробити моделі впливу результатів містобудівного моніторингу на містобудівні рішення, на основі використання деталізованої інформації про стан територіальних ресурсів, яку можна отримати шляхом ДЗЗ, аерофотознімання, топографо-геодезичних і землевпорядних вишукувань тощо.

4. Містобудівний кадастр та моніторинг може бути такою системою, що генерує різнопрофільну інформацію про населений пункт. Необхідно розробити технологічні схеми взаємозв'язків та обміну інформацією містобудівного моніторингу з іншими галузевими моніторингами.

5. Для кваліфікованого, ефективного та оперативного проведення моніторингового дослідження необхідно розробити бази даних із використанням сучасних засобів автоматизації та програмних продуктів.

6. Запровадження системи містобудівного моніторингу та організація періодичного збору інформації про об'єкти містобудування, зокрема, про об'єкти обслуговування населення, публікація результатів діяльності у вигляді відкритих даних дозволять за допомогою аналітичного апарату здійснювати містобудівні розрахунки, не вимагаючи їх від замовників будівництва або проектувальників.

Висновки і пропозиції. Вирішення зазначених задач на місцевому рівні територіального управління сприятиме відкритості для громадськості земельних та містобудівних рішень, інформатизації суспільства, стане базовою основою для вирішення проблем територіального управління за межами населених пунктів, передумовою для інтеграції інших галузевих моніторинрів (довкілля, лісового, водного).

Список використаних джерел

1. *Моніторинг земельних відносин в Україні 2014-2015* : статистичний щорічник [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://kse.org.ua/uk/research-policy/land/governance-monitoring/yearbook-2014-2015>.
2. *Петраковська О. С.* Методологія управління системою землекористування великих міст : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : спец. 05.24.04 / О. С. Петраковська ; КНУБА. – К., 2007. – 27 с.
3. *Про затвердження порядку проведення містобудівного моніторингу* [Електронний ресурс] : Наказ Мінрегіону України від 01.09.2011 № 170. – Режим доступу : <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z1268-11>.
4. *Офіційний сайт Держстату України* [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.ukrstat.gov.ua/>.
5. *Офіційний сайт Держгеокадастру України* [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://land.gov.ua/>.
6. *Державні будівельні норми ДБН 360-92** «Містобудування. Планування та забудова міських і сільських поселень».*
7. *Трухачев, Ю. Н.* Общая теория градостроительных систем (методологическая концепция) / Ю. Н. Трухачев. – Ростов-на-Дону : Ростовская государственная академия архитектуры и искусства, 2006. – 120 с.
8. *Губина М. В.* Основы градостроительного менеджмента и мониторинга : учебное пособие / М. В. Губина. – К. : ВИРА-Р, 2002. – 248 с.

9. Кабальнов Ю. С. Социально-экономический мониторинг городских территорий, основанный на технологиях получения знаний [Электронный ресурс] / Ю. С. Кабальнов, А. М. Мокрушин, В. Г. Горбачев // Управление в сложных системах : межвузовский научный сборник. – Уфа : УГАТУ, 1999. – Режим доступа : <http://www.ict.edu.ru/ft/004936/15.pdf>.

10. Смілька В. А. Характеристика містобудівного моніторингу як системи керування містом / В. А. Смілька // Проблеми розвитку міського середовища : науково-технічний збірник. – 2017. – № 1 (17) – С. 127–136.

References

1. *Monitorynh zemelnykh vidnosyn v Ukraini 2014–2015: statystychnyy shchorichnyk [Monitoring of land relations in Ukraine for 2014-2015. Statistical Yearbook]*. Retrieved from <http://kse.org.ua/uk/research-policy/land/governance-monitoring/yearbook-2014-2015>.

2. Petrakovskaya, O.S. (2007). Metodolohiia upravlinnia systemoiu zemlekorystuvannia velykykh mist [Methodology of management of the land use system of major cities]. *Extended abstract of Doctor's thesis*. Kyiv (in Ukrainian).

3. *Pro zatverdzhennya poryadku provedennya mistobudivnoho monitorynhu: nakaz Minrehionu Ukrayiny [On Approval of the Procedure for Town Planning Monitoring: Order of the Ministry of Regional Development of Ukraine 01.09.2011 № 170]*. Retrieved from <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z1268-11>.

4. *Ofitsiyni sait Derzhstatu Ukrainy [Official site of the State Statistics Committee of Ukraine]*. Retrieved from <http://www.ukrstat.gov.ua/>.

5. *Ofitsiyni sait Derzhheokadastru Ukrayiny [Official site of the State Geocadastral of Ukraine]*. Retrieved from <http://land.gov.ua/>.

6. *Planuvannia i zabudova miskykh poselen Derzhavni budivelni normy [State building codes «Planning and development of urban areas»]* (2013). DBN 360-92** from 1 January 2014. Kyiv: Ukrarhbudininform (in Ukrainian).

7. Trukhachov, Yu.N. (2006). *Obshchaia teoriia gradostroitelnykh sistem metodologicheskai kontseptsiiia [The general theory of urban systems (methodological concept)]*. Rostov-na-Donu: Rostovskaia gosudarstvennaia akademiia arkhitektury i iskusstva (in Russian).

8. Gubina, M.V. (2002). *Osnovy gradostroitel'nogo menedzhmenta i monitoringa [Fundamentals of urban management and monitoring: a tutorial]*. Kyiv: VIRAR (in Russian).

9. Kabalnov, Yu.S., Mokrushin, A.M., Gorbachev, V.G. (1999). *Sotsialno-ekonomicheskii monitoring gorodskikh territorii, osnovannyi na tekhnologiiakh polucheniia znaniia [Socio-economic monitoring of urban areas, based on technology for obtaining knowledge]*. *Management in complex systems*. Retrieved from <http://www.ict.edu.ru/ft/004936/15.pdf>.

10. Smilka, V. (2017). *Kharakterystyka mistobudivnoho monitorynhu yak systemy keruvannia mistom [Characteristics of urban monitoring as a city management system]*. *Problemy rozvytku miskoho seredovyshcha – Problems of urban environment development*, № 1 (17), pp. 127–136 (in Ukrainian).

UDC 711.4-112

Vladyslav Smilka

TASKS ON IMPROVING THE MONITORING SYSTEM FOR URBAN PLANNING LAND OF SETTLEMENTS

Urgency of the research. State transition to market relations in the economy, the appearance of many owners of real estate, including on the ground, many participants in economic activity, who make independent decisions, transferred to the local level of planning of the territory the main center of gravity of administrative influences on functioning and development of city-planning systems. That is why there is a need to consider the city as a living organism, which has its regular connections, aimed at providing a comfortable environment for a person. Functioning and development of the settlement as a complex socio-ecological-economic-spatial system needs organization of a complex of events on the management and control of its activities, monitoring the status of all components.

Target setting. Ensuring the process of urban-urban monitoring of settlements is one of the areas of management of two branches, namely, urban planning and land management. Today, in large cities, often occur land and town-planning conflicts. To systematically solve problems, it is necessary to develop preventive measures to prevent such conflicts in the future. A system that is capable of performing functions of substantiation of city-planning decisions and regulation of land issues to ensure the sustainable development of territories with a balanced account of social, environmental and economic factors is a town-planning monitoring of the land of settlements.

Actual scientific researches and issues analysis. The article is based on published theoretical scholarly works on land resources management, research on information provision of urban development activities, and the organization of observation of objects in settlements.

Uninvestigated parts of general matters defining. The researchers studied the problem separate development of sectoral monitoring with the possibility of information interactions between systems. However, in practice, automated interaction between monitoring systems is not implemented. Currently, at the local level of management of territorial resources, there is a need for complex interdisciplinary monitoring studies, but such an idea requires research using scientific methods.

The research objective. You need to analyze the task which rely on the research of monitoring systems in the spheres of city-planning activity and regulation of land relations, as well as suggest ways their improvement taking into account the development of advanced technologies and observation methods. The study is about observation on the condition of objects exclusively in settlements.

The statement of basic materials. The Land Code of Ukraine defines the main tasks of land monitoring the environmental and economic consequences of land degradation to prevent or eliminate the effects of negative processes.

The procedure for conducting urban monitoring has identified the task of monitoring urban planning, which consist in obtaining state indicators and changes in urban planning in accordance with urban planning documentation to assess and predict the impact on sustainable development of the territories taking into account state and social interests.

Town-planning monitoring of settlements land is a complex system for monitoring objects within settlements.

Town-planning monitoring, as well as the city-planning cadastre, and the land cadastre, and the public administration system has three hierarchical levels: state, regional and local (urban). Thus, it is necessary to clarify the tasks of urban planning land monitoring at all hierarchical levels of its management system taking into account the territorial scope of the object of observation and legislative approaches.

The article formulates the main tasks for improvement of the system of urban planning monitoring of settlements.

Conclusions. Solving these tasks at the local level of the territorial administration will promote openness for public of land and city-planning decisions, informatization of society, the main basis for solving the problems of territorial management outside settlements, a prerequisite for the integration of other sectoral monitoring (environment, forest, water).

Key words: monitoring planning; cadastre; settlement; system; information; sustainable development.

Tabl.: 2. Bibl.: 10.

УДК 711.4-112

Владислав Смілка

ЗАДАЧИ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОГО МОНИТОРИНГА ЗЕМЕЛЬ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

Системы управления земельными ресурсами и градостроительной деятельностью требуют совершенствования. Системой, которая способна выполнять функции обоснования градостроительных решений и регулирования земельных вопросов в населенных пунктах для обеспечения устойчивого развития территорий с сбалансированным учетом социальных, экологических и экономических факторов, является градостроительный мониторинг земель. В статье определены задачи, которые необходимо решить для усовершенствования системы градостроительного мониторинга земель населенных пунктов. Решение этих задач будет способствовать открытости для общественности земельных и градостроительных решений, информатизации общества, станет базовой основой для решения проблем территориального управления за пределами населенных пунктов.

Ключевые слова: градостроительный мониторинг; кадастр; земли населенных пунктов; система, информация; устойчивое развитие.

Tabl.: 2. Bibl.: 10.

Смілка Владислав Анатолійович – кандидат технічних наук, начальник відділу містобудівного аналізу та ведення кадастрової інформації Департаменту містобудування та архітектури виконавчого органу Київської міської ради (КМДА) (вул. Хрещатик, 32, м. Київ, 01001, Україна).

Смилка Владислав Анатольевич – кандидат технических наук, начальник отдела градостроительного анализа и ведения кадастровой информации Департамента градостроительства и архитектуры исполнительного органа Киевского городского совета (КГГА) (ул. Хрещатик, 32, г. Киев, 01001, Украина).

Smilka Vladyslav - PhD in Technical Sciences, Head of the Department for Urban Development Analysis and Cadastral Information of the Department of Urban Development and Architecture of the Executive Body of the Kyiv City Council (KSDA) (32 Khreshchatyk Str., 01001 Kyiv, Ukraine).

E-mail: vsmilka@i.ua

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7025-9398>

Олександра Наровлянська

ДИНАМІКА РИНКУ ЗЕМЕЛЬ ЧЕРНІГІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Актуальність теми дослідження. Зважаючи на існуючу гостру соціальну та економічну необхідність відкриття ринку землі сільськогосподарського призначення, а також достатні базові технічні умови й успішний законотворючий досвід країни у регулюванні нових для держави видів суспільних відносин, прийняття відповідного закону на основі законопроекту, є надзвичайно актуальним та доцільним.

Постановка проблеми. У зв'язку з відсутністю досконалих інструментів регулювання ринку земель в Україні був тимчасово встановлений мораторій, який постійно продовжується. Згідно з проектом Закону України «Про обіг земель сільськогосподарського призначення», земля є унікальним продуктом природи, який одночасно виступає найважливішим засобом виробництва і, як будь-який інший засіб виробництва, є товаром. Визнання землі товаром зумовлює необхідність формування ринку землі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Формування ринку земель досліджують багато вітчизняних учених. Адміністративно-правові засади регулювання ринку земель в Україні досліджують науковці та практики, які розглядають окремі питання управління земельними ресурсами та державного регулювання ринку земель, такі як Г. І. Башнянин, Ю. Д. Білик, О. С. Дорош, В. В. Носік, А. М. Третяк та ін. Їхні праці присвячені здебільшого економічному регулюванню ринку земель, вивченню шляхів вирішення питання формування та розвитку ринку землі, дослідженню права власності на землю та його реалізацію.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. За наявності значної кількості ґрунтовних наукових досліджень залишається багато невирішених та дискусійних питань, що потребують подальшого пошуку шляхів їх вирішення.

Постановка завдання. Головною метою цієї статті є аналіз перспектив формування й розвитку ринку земель сільськогосподарського призначення, визначення наслідків від зняття мораторію на купівлю-продаж земель сільськогосподарського призначення та пошук оптимального варіанта подальшого реформування земельних відносин в Україні.

Виклад основного матеріалу. На сьогодні в Україні майже повністю введено в дію систему державного кадастру та реєстрації речових прав на нерухоме майно, що дає змогу стверджувати про необхідність відкриття ринку земель сільськогосподарського призначення. На нашу думку, ринок землі – це стабільність прав власності, можливість передачі їх від однієї особи до іншої, це – відповідність цін на землю її дійсній вартості. Це сфера товарного обміну, в якій земля виступає товаром. Буде правомірно виділити такі види ринку земель залежно від характеру здійснюваних операцій: ринок купівлі-продажу права власності на земельні ділянки та права користування (оренди). За такими напрямками нині формується земельний ринок області. На практиці цей ринок має функціонувати у розрізі двох сегментів – ринок сільськогосподарських земель та земель несільськогосподарського призначення. Проаналізовано можливість поетапного та регульованого відкриття ринку земель сільськогосподарського призначення. Наведено аргументи щодо оренди як найбільш прийнятної основи організації ринку земель сільськогосподарського призначення.

Висновки. Отже, ринок землі – це не тільки купівля і продаж, але й оренда, застава, обмін, дарування і спадкування приватизованої землі заради індивідуального збагачення. Нині ринок землі в Україні перебуває у стадії формування, функціонують лише його окремі елементи, зокрема ринок оренди земель сільськогосподарського призначення, що веде за собою збільшення розміру річної орендної плати.

Ключові слова: мораторій; ринок земель; сільськогосподарського призначення; оренда.

Рис.: 3. Табл.: 3. Бібл.: 9.

Постановка проблеми. Реформування земельних відносин в Україні розпочалося в 1991 році. Основним його завданням було подолання монополії держави на земельну власність і встановлення багатосуб'єктного права власності на землю. За роки незалежності України державна власність скоротилася більш ніж на половину.

У зв'язку з відсутністю досконалих інструментів регулювання ринку земель в Україні був тимчасово встановлений мораторій (заборона на відчуження земельних ділянок сільськогосподарського призначення шляхом їх продажу), який обмежує конституційні права власників земельних ділянок, що закріплені частиною першою статті 90 Земельного кодексу України [1]. «Власники земельних ділянок мають право продавати або іншим шляхом відчужувати земельну ділянку, передавати її в оренду, заставу, спадщину». Мораторій постійно продовжується. Згідно з проектом Закону України «Про обіг земель сільськогосподарського призначення» земля є унікальним продуктом природи, який одночасно виступає найважливішим засобом виробництва і, як будь-який інший засіб виробництва, є товаром. Визнання землі товаром зумовлює необхідність формування ринку землі [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Формування ринку земель досліджують багато вітчизняних вчених. Адміністративно-правові засади регулювання ринку земель в Україні досліджують науковці та практики, які розглядають окремі питання управління земельними ресурсами та державного регулювання ринку земель, такі як

Г. І. Башнянин, Ю. Д. Білик, О. С. Дорош, В. В. Носік, А. М. Третяк та ін. Їхні праці присвячені здебільшого економічному регулюванню ринку земель, вивченню шляхів вирішення питання формування та розвитку ринку землі, дослідженню права власності на землю та його реалізацію.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. За наявності значної кількості ґрунтовних наукових досліджень залишається багато невирішених та дискусійних питань, що потребують подальшого пошуку шляхів їх вирішення.

Мета статті. Головною метою цієї статті є аналіз перспектив формування й розвитку ринку земель сільськогосподарського призначення, визначення наслідків від зняття мораторію на купівлю-продаж земель сільськогосподарського призначення та пошук оптимального варіанта подальшого реформування земельних відносин в Україні.

Виклад основного матеріалу. У всіх країнах світу, де в результаті довгого еволюційного процесу сформовано механізми ефективного землекористування, першою та основною характерною рисою цього механізму є інститут власності. Саме власність дозволяє вільний перерозподіл земельних ресурсів, перехід їх до більш ефективного власника, користувача на основі дії цінового фактора ринку землі.

Переваги власності на землю незаперечні для суб'єктів ринку. Місцеві ради отримують одноразовий дохід від продажу землі. Одержані таким чином кошти залишаються у розпорядженні місцевих рад і використовуються для реалізації програм соціально-економічного розвитку. Власники придбаних земельних ділянок мають право володіти, користуватись і розпоряджатися земельними ділянками відповідно до цивільно-правових угод.

Метою прийняття Закону України «Про обіг земель сільськогосподарського призначення» є правове врегулювання питань, пов'язаних з відкриттям ринку земель в Україні, запровадження механізму обігу земель сільськогосподарського призначення зі збалансованим дотриманням та захистом приватних, громадських, суспільних та держаних інтересів.

На сьогодні в Україні майже повністю введено в дію систему державного кадастру та реєстрації речових прав на нерухоме майно, що дає змогу стверджувати про необхідність відкриття ринку земель сільськогосподарського призначення.

Розглянемо поняття «ринок земель». Деякі науковці вважають, що під ринком земель насамперед необхідно вбачати визначення вартості земельної ділянки [3]. Так, М. Федоров зазначив, що в основу земельного ринку має бути покладено не тільки визначення землі товаром з урахуванням її специфічних властивостей, а і включення землі як капіталу в економічний обіг на рівні з іншими засобами виробництва. Саме цей учений найточніше і найширше визначає поняття «ринок земель сільськогосподарського призначення», розглядаючи його як систему економіко-правових відносин, що забезпечує його суб'єктам здійснення цивільно-правових угод з приводу переходу права власності на земельну ділянку або права користування нею з урахуванням попиту та пропозиції [4].

На думку автора, ринок землі – це стабільність прав власності, можливість передачі їх від однієї особи до іншої, це – відповідність цін на землю її дійсній вартості. Це сфера товарного обміну, в якій земля виступає товаром.

Ринок є засобом взаємодії продавців і покупців, що ґрунтується на попиті, пропозиції та ціні. Під їхнім впливом і за їхнім бажанням укладається угода, яка задовольняє як покупця, так і продавця, врівноважуючи попит та пропозицію.

Буде правомірно виділити такі види ринку земель залежно від характеру здійснюваних операцій: ринок купівлі-продажу права власності на земельні ділянки та права користування (оренди). За такими напрямками нині і формується земельний ринок області.

На практиці цей ринок має функціонувати у розрізі двох сегментів – ринок сільськогосподарських земель та земель несільськогосподарського призначення.

Поетапне та регульоване відкриття ринку земель сільськогосподарського призначення забезпечить введення в товарний оборот земельних ділянок сільськогосподарського призначення, що сприятиме повноцінній та безперешкодній реалізації права власності власниками земельних ділянок сільськогосподарського призначення, залучення

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

інвестицій в аграрний сектор економіки України, підвищення рівня матеріального благополуччя власників земельних ділянок, збільшення доступних до використання механізмів фінансування агровиробництва тощо.

Зважаючи на існуючу гостру соціальну та економічну необхідність відкриття ринку землі сільськогосподарського призначення, а також достатні базові технічні умови й успішний законотворчий досвід країни у регулюванні нових для держави видів суспільних відносин, прийняття відповідного Закону на основі законопроекту, є надзвичайно актуальним та доцільним [5].

Ринок земель несільськогосподарського призначення діє нині й залишатиметься на перспективу.

З метою забезпечення розвитку ринку земельних ділянок на законодавчій основі, керуючись Конституцією України, Земельним та Бюджетним кодексами України, Законами України «Про місцеве самоврядування в Україні», «Про місцеві державні адміністрації», інших нормативно-правових актів, у Чернігівській області підготовлено до продажу 1535, а органами державної влади та місцевого самоврядування продано 1497 земельних ділянок та прав оренди на них площею 3,2 тис. га, що забезпечило надходження до бюджетів усіх рівнів коштів у сумі близько 90 млн грн.

При здійсненні моніторингу продажу земельних ділянок встановлено, що середня вартість 1 м² проданих земель на первинному ринку у 2000 році становила 8,86 грн, у 2005 році – 17,78 грн, у 2012 році – 56,27 грн. Отже, тенденція очевидна: середня вартість 1 м² зросла у 6 разів (табл. 1).

Таблиця 1

Інформація про продаж земельних ділянок та прав оренди на них за станом на 01.01.2015 р. у Чернігівській області

№	Адміністративна одиниця	У т. ч. на конкурентних засадах					
		Всього			у 2014 році		
		Кількість, шт.	Площа, га	Вартість, тис. грн	Кількість, шт.	Площа, га	Вартість, тис. грн
1	Бобровицький	26	247,18	751,00	2	209,06	140,51
2	Борзнянський	13	508,17	494,76	-	-	-
3	Варвинський	5	27,77	75,21	1	0,04	0,77
4	Городнянський	3	117,81	82,92	3	117,81	82,92
5	Ічнянський	8	149,21	86,23	7	149,15	76,87
6	Козелецький	16	13,00	595,63	-	-	-
7	Коропський	9	370,84	177,27	-	-	-
8	Корюківський	13	327,80	389,67	7	325,14	125,02
9	Куликівський	1	0,01	0,47	-	-	-
10	Менський	2	0,03	3,78	1	0,01	2,44
11	Ніжинський	5	32,58	304,00	-	-	-
12	Н.Сіверський	55	2287,70	342,50	7	278,22	117,31
13	Носівський	6	6,94	27,09	-	-	-
14	Ріпкинський	1	0,03	3,77	-	-	-
15	Семенівський	2	0,02	1,59	1	0,01	0,68
16	Сосницький	5	294,00	190,98	4	293,74	117,92
17	Талалаївський	5	6,66	42,58	-	-	-
18	Чернігівський	8	16,56	3177,83	-	-	-
19	Щорський	1	0,04	7,70	-	-	-
20	м. Прилуки	1	0,08	85,00	-	-	-
21	м. Чернігів	2	0,48	31,40	-	-	-
	Разом	187	4406,91	6871,38	33	1373,18	664,44

За даними, наведеними в табл. 1, найбільші надходження коштів до бюджетів усіх рівнів за 2015 рік від продажу земельних ділянок на конкурентних засадах відбулося в Чернігівському районі, на суму 3,2 млн грн, Козелецькому районі – 595 тис. грн та Борзнянському районі – 494 тис. грн.

Інформація про продаж земельних ділянок та прав оренди на них у Чернігівській області (станом на 01.01.2016) наведено у табл. 2.

Таблиця 2

Інформація про продаж земельних ділянок та прав оренди на них за станом на 01.01.2016 р. у Чернігівській області

№	Адміністративна одиниця	У т. ч. на конкурентних засадах					
		Всього			у 2016 році		
		Кількість, шт.	Площа, га	Вартість, тис. грн	Кількість, шт.	Площа, га	Вартість, тис. грн
1	Бахмацький	11	221,68	209,78	11	221,68	133,07
2	Бобровицький	27	259,41	763,04	1	12,23	12,04
3	Борзнянський	13	508,17	494,76	-	-	-
4	Варвинський	7	80,32	107,45	2	52,55	32,24
5	Городнянський	14	612,80	323,47	11	494,99	240,55
6	Ічнянський	18	399,28	554,61	10	250,07	468,38
7	Козелецький	16	13,00	595,63	-	-	-
8	Коропський	14	557,19	321,35	5	186,35	144,08
9	Корюківський	16	330,49	687,40	3	2,69	297,73
10	Куликівський	1	0,01	0,47	-	-	-
11	Менський	6	179,59	184,13	4	179,56	180,35
12	Ніжинський	7	64,41	308,88	2	31,83	4,88
13	Н.Сіверський	60	2483,68	438,18	5	195,98	95,68
14	Носівський	5	6,93	24,50	-	-	-
15	Ріпкинський	3	9,04	9,93	2	9,01	6,16
16	Семенівський	2	0,02	9,93	-	-	-
17	Сосницький	16	658,92	364,73	11	364,92	173,65
18	Срібнянський	4	29,26	19,96	4	29,26	19,96
19	Талалаївський	5	6,66	42,58	-	-	-
20	Чернігівський	11	148,37	3263,87	3	131,81	86,04
21	Щорський	6	121,42	63,61	5	121,38	55,91
22	м. Прилуки	1	0,08	85,00			
23	м. Чернігів	2	0,48	31,40			
	Разом	265	6691,21	8904,66	79	2284,31	1950,72

Згідно з табл. 2 продано земельних ділянок та прав оренди на них на 78 ділянок (2284 га) та на 2 млн грн більше, ніж станом на 2015 рік.

Найбільші надходження коштів до бюджетів усіх рівнів за 2016 рік (табл. 2) від продажу земельних ділянок на конкурентних засадах відбулося у Чернігівському районі, на суму 3,8 млн грн, Корюківському районі – 2,2 млн грн та Городнянському районі – 1,4 млн грн.

Інформація про продаж земельних ділянок та прав оренди на них у Чернігівській області (станом на 01.01.2017) наведено у табл. 3.

Таблиця 3

Інформація про продаж земельних ділянок та прав оренди на них за станом на 01.01.2017 р. у Чернігівській області

№	Адміністративна одиниця	У т. ч. на конкурентних засадах					
		Всього			у 2017 році		
		Кількість, шт.	Площа, га	Вартість, тис. грн	Кількість, шт.	Площа, га	Вартість, тис. грн
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Бахмацький	24	514,23	637,28	13	292,55	504,22
2	Бобровицький	28	297,80	779,60	1	38,39	16,56
3	Борзнянський	13	508,17	494,76			
4	Варвинський	16	201,98	190,49	9	121,66	83,03
5	Городнянський	32	1236,44	1441,03	18	623,64	1012,16
6	Ічнянський	25	667,08	1123,55	12	378,82	859,24
7	Козелецький	25	159,80	813,55	9	146,80	217,92
8	Коропський	26	801,85	611,20	12	244,66	281,78

Закінчення табл. 3

9	Корюківський	38	1321,22	2180,30	22	990,69	1492,90
10	Куликівський	13	374,06	770,69	12	374,05	770,22
11	Менський	27	445,94	445,46	21	266,35	261,32
12	Ніжинський	9	65,96	312,22	2	1,55	3,34
13	Н.Сіверський	66	2695,71	667,66	6	212,03	229,49
14	Носівський	9	84,73	65,07	4	77,80	40,57
15	Прилуцький	3	32,14	151,94	2	32,06	66,94
16	Ріпкинський	13	682,41	745,34	10	673,37	735,41
17	Семенівський	3	60,02	92,27	1	60,00	82,34
18	Сосницький	33	1321,11	1394,13	17	662,18	1029,40
19	Срібнянський	8	46,39	27,96	4	17,13	8,00
20	Талалаївський	6	12,03	405,39	1	5,37	362,81
21	Чернігівський	28	515,27	3848,40	10	366,90	584,53
22	Щорський	26	706,92	695,41	20	585,50	631,80
23	м.Чернігів	3	0,61	41,07	1	0,13	9,67
	Разом	474	12 751,87	17 934,77	207	6171,63	9283,65

Згідно з інформацією про продаж земельних ділянок та прав оренди на них станом на 01.01.2017 року (табл. 3) найбільше ділянок під об'єктами нерухомості було продано в Новгород-Сіверському районі (66 шт.), Корюківському районі (38 шт.) та Сосницькому районах (33 шт.).

За 2017 рік продано земельних ділянок та прав оренди на них на 209 ділянок (6060 га) та на 9 млн грн більше, ніж станом на 2016 рік.

Крім того, проведений аналіз свідчить, що вартість земельних ділянок залежить від фізичної якості землі, місця розташування, розвитку транспортних мереж, комунального забезпечення, екологічної безпеки, цільового використання, платоспроможності покупця у тому чи іншому населеному пункті. Під впливом цих факторів збільшується або зменшується попит на земельні ділянки й регулюється ринкова ціна на них.

Ринок сільськогосподарської землі вимагає ретельного обґрунтування та суттєвих обмежень. Спроба врахувати лише найсуттєвіші обмеження: заборона надмірної концентрації землі; право на землю тих, хто на ній працює; обмеження дроблення земельних ділянок; резервування землі для суспільних потреб тощо – приводить до висновку, що, можливо, прийнятною основою організації ринку земель сільськогосподарського призначення є оренда [6].

Оренда як спосіб економічних відносин, звичайно, має недоліки, але на її боці й суттєві переваги. Поглянувши на статистику - в Європі та Північній Америці орендні відносини поступово витісняють власність на землю. Головна перевага орендної основи – земля залишиться об'єктом власності народу України.

Право оренди набувають у спадок, на конкурсних умовах або за спеціалізованими державними програмами. Орендодавцем є держава в особі спеціально уповноваженого органу. Контроль за використанням земель здійснюють органи місцевого самоврядування. Орендатор сплачує орендну плату, яка включає в себе податок на землю. Орендні платежі повністю перераховують у місцевий бюджет.

На сьогодні стає цілком зрозуміло: здавати в оренду і продавати землі найефективніше через земельні аукціони. Оренда як спосіб економічних відносин, безумовно, має недоліки, але на її боці є й суттєві переваги. Законодавче закріплення шляхів і правових механізмів подальшого розвитку відносин сільськогосподарського землекористування та встановлення мінімального терміну оренди земель сільськогосподарського призначення закладе надійні підвалини сталого розвитку земельних відносин.

Наша область, як і в цілому Україна, ще перебуває на шляху реформування земельних відносин, проте на цій ділянці ринкового господарювання вже має власний досвід. Перший

аукціон відбувся в м. Чернігові в 1994 році. Тоді в результаті продажу права оренди на земельну ділянку вартість продажу зростає з 1400 до 25 000 гривень, або майже у 18 разів.

З 2016 року у Чернігівській області на конкурентних засадах продано право оренди на 474 земельних ділянок сільськогосподарського призначення загальною площею 12,7 тис. га вартістю 17,9 млн грн (табл. 3). Також здійснено продаж у власність 1597 земельних ділянок несільськогосподарського призначення державної та комунальної власності загальною площею 784,12 га, вартістю 108,36 млн. грн.

Фактично до бюджетів усіх рівнів у 2016 році від сплати з розстроченням за раніше викуплені земельні ділянки надійшли кошти в сумі 126,26 млн грн.

Динаміка продажу земельних ділянок і прав оренди у Чернігівській області протягом 2015–2017 років (рис. 1, 2, 3) свідчить про поступове зростання попиту та вартості проданих земельних ділянок. Так, кількість проданих ділянок зросла на 253 %, площа проданих ділянок – на 289 % та кошти отримані від продажу (оренди) – на 261 %.

На сьогодні Головним управлінням Держгеокадастру у Чернігівській області включено до переліку земельних ділянок сільськогосподарського призначення державної власності для продажу права оренди на них на земельних торгах 198 земельних ділянок, які займають площу близько 7,3 тис. га. Переважну більшість із них планується виставити на аукціон до кінця цього року [2].

Розглянемо перспективи запровадження повноцінного ринку земель сільськогосподарського призначення та його ефективного державного регулювання в Україні.

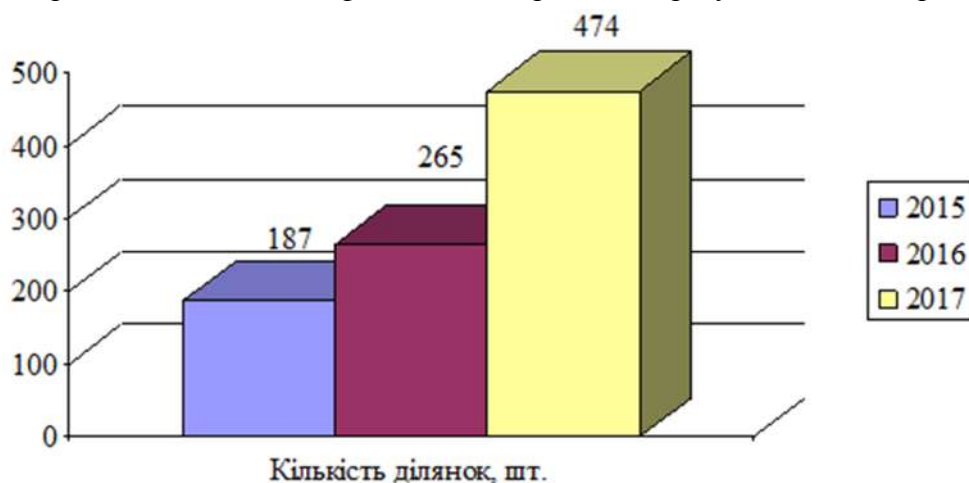


Рис. 1. Динаміка продажу земельних ділянок і прав оренди у Чернігівській області протягом 2015-2017 років за їх кількістю

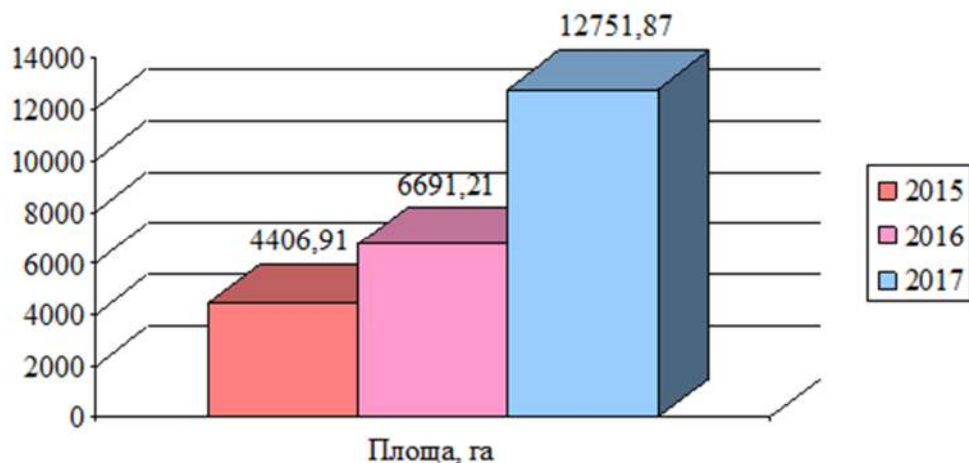


Рис. 2. Динаміка продажу земельних ділянок і прав оренди у Чернігівській області протягом 2015-2017 років за їх площею

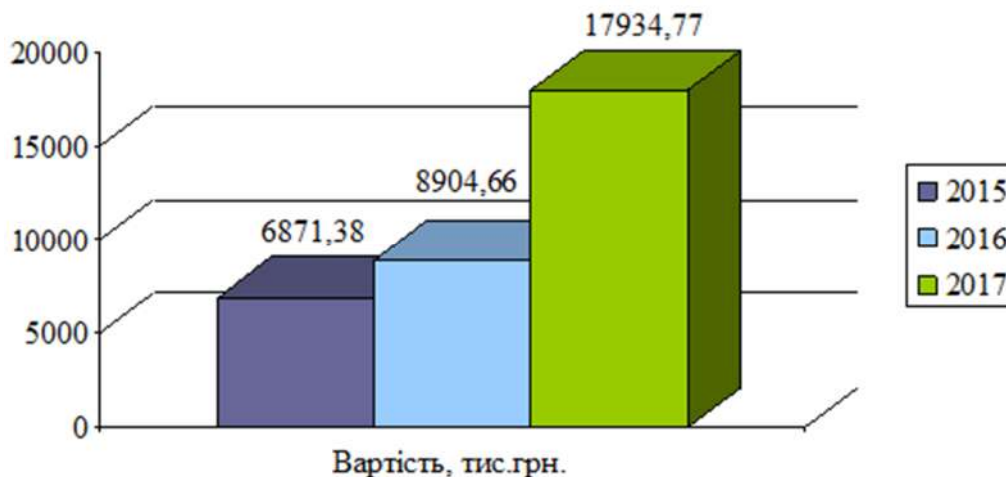


Рис. 3. Динаміка продажу земельних ділянок і прав оренди у Чернігівській області протягом 2015-2017 років за їх вартістю

На нашу думку, запровадження повноцінного ринку земель сільськогосподарського призначення та його ефективного державного регулювання дозволить забезпечити реалізацію багатьох важливих на сьогодні проблем, зокрема:

- повноцінну реалізацію права власності та інших прав на земельні ділянки сільськогосподарського призначення всіма суб'єктами земельних відносин;
- створення сприятливого ринкового середовища, що забезпечить постійний перехід прав на нерухоме майно до найбільш ефективних власників;
- кардинальне підвищення інвестиційної привабливості сільського господарства;
- встановлення об'єктивної ринкової власності земельних ділянок сільськогосподарського призначення у процесі їх економічного обороту;
- підвищення ефективності використання природно-ресурсного потенціалу земель сільськогосподарського призначення [7];
- забезпечення стратегічної продовольчої безпеки держави;
- безперешкодний доступ громадян до землі як ресурсу людського розвитку;
- збереження та створення робочих місць у сільській місцевості;
- стимулювання розвитку інститутів громадянського суспільства у питаннях захисту прав власників земельних ділянок [8].

Водночас запровадження вільного обігу землі сільськогосподарського призначення в Україні може мати і негативні наслідки. Це стосується найбільш вразливих верств населення. Відсутність повноцінного цінового механізму конкурентного ринку землі призведе до привласнення нечисленною групою осіб значної частини землі, яку вони одержать, використовуючи низький рівень життя більшості населення держави. Мораторій на продаж земель сільськогосподарського призначення виступав перешкодою для обезземелення селянства.

У період, коли ринок землі лише формується, вирішальну роль у регулюванні цим процесом має відігравати держава [9]. За нею повинне залишитися право обмежень на оборот земельних ділянок у ринковій сфері, особливо їх перепродажу, здійснення контролю за ціноутворенням на земельному ринку через відповідне законодавство.

Висновки і пропозиції. Нині ринок землі в Україні перебуває у стадії формування, функціонують лише його окремі елементи, зокрема ринок оренди земель сільськогосподарського призначення, що веде за собою збільшення розміру річної орендної плати.

Отже, ринок землі – це не тільки купівля і продаж, але й оренда, застава, обмін, дарування і спадкування приватизованої землі заради індивідуального збагачення.

Список використаних джерел

1. *Земельний кодекс України* [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://land.gov.ua/za-tytamy-normatyvno-pravovoho-aktu/zemelnyi-kodeks.html>.
2. *Про обіг земель сільськогосподарського призначення* [Електронний ресурс] : Закон України. – Режим доступу: <http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4>.
3. Федоров М. М. Земельна реформа і розвиток ринку земельних відносин / М. М. Федоров // *Економіка АПК*. – 2011. – № 7. – С. 55–60.
4. Федоров М. М. Особливості формування ринку земель сільськогосподарського призначення в Україні / М. М. Федоров // *Економіка АПК*. – 2007. – № 5. – С. 73–75.
5. *Сайт управління Держгеокадастру* [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://land.gov.ua>.
6. Губені Ю. Ринок землі в Україні: можливо, спробувати по-іншому? [Електронний ресурс] / Ю. Губені. – Режим доступу : <http://mynews-in.net/news/society/2007/03/23/1128560.html>.
7. Наровлянська О. Ю. Ресурси ґрунтів Чернігівщини, їх використання та охорона / О. Ю. Наровлянська // *Землевпорядний вісник : науково-виробничий журнал*. – К., 2015. – № 9. – С. 30–33.
8. Зінчук Т. Аграрна політика країн ЦСЄ у контексті інтеграції до ЄС: реалії та перспективи для України / Т. Зінчук // *Економіка України*. – 2006. – № 34. – С. 74–88.
9. Наровлянська О. Ю. Нераціональне використання сільськогосподарських земель [Електронний ресурс] / О. Ю. Наровлянська, О. І. Терещук // *Новітні досягнення геодезії, геоінформатики та землевпорядкування – Європейський досвід : X Міжнародна науково-практична конференція (6-7 травня 2014 р.)*. – Чернігів : Інженерно-будівельний ф-т ЧДІЕУ, 2014. – Режим доступу : <http://ibf.stu.cn.ua/media/konferentsiya/zbirnyk-naukovyh-prats/2014-2/>.

References

1. *Zemelnii kodeks Ukraini [The Land Code of Ukraine]*. Retrieved from <http://land.gov.ua/za-tytamy-normatyvnopravovoho-aktu/zemelnyi-kodeks.html>.
2. *Pro obig zemel silskogospodarskogo pryznachennya: Zakon Ukraini [The Law of Ukraine «On the use of agricultural land»]*. Retrieved from <http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4>.
3. Fedorov, M.M. (2011). *Zemelna reforma i rozvytok rynku zemelnykh vidnosyn [Land reform and development of land relations market]*. *Ekonomika APK – Economy of the agroindustrial complex*, no. 7, pp. 55–60 (in Ukrainian).
4. Fedorov, M.M. (2007). *Osoblyvosti formuvannia rynku zemel silskohospodarskoho pryznachennia v Ukraini [Features of formation of agricultural land market in Ukraine]*. *Ekonomika APK – Economy of the agroindustrial complex*, no. 5, pp. 73–75 (in Ukrainian).
5. *Sayt upravlin Derzhgeokadastru [Site of the State Service of Ukraine for Geodesy, Cartography and Cadastre (StateGeoCadastre)]*. Retrieved from <http://land.gov.ua>.
6. Gubeni, Yu. (2007). *Rinok zemli v Ukraini mozhlyvo, sprobutaty po inshomu? [The land market in Ukraine may try different?]*. *Lvivska hazeta – Newspaper of Lviv*, no. 3. Retrieved from <http://mynews-in.net/news/society/2007/03/23/1128560.html>.
7. Narovlianska, O.Yu. (2015). *Resursy hruntiv Chernihivshchyny, yikh vykorystannia ta okhorona [Resources of soils of the Chernihiv region, their use and protection]*. *Zemlevporiadnyi visnyk: Naukovo-vyrobnychiy zhurnal – Land Management Gazette: Scientific and Production Magazine*, no. 9, pp. 30–33 (in Ukrainian).
8. Zinchuk, T. (2006). *Ahrarna polityka krain TSSYE u konteksti intehratsii do YES: realii ta perspektyvy dlia Ukrainy [Agricultural Policy of the CEE countries in the context of EU integration: realities and prospects for the Ukraine]*. *Ekonomika Ukrayiny – Economy of Ukraine*, no. 34, pp. 74–88 (in Ukrainian).
9. Narovlianska, O.Yu., Tereshchuk, O.I. (2014). *Neratsionalne vykorystannia silskohospodarskykh zemel [Irrational use of agricultural land]*. *Proceedings from Novitni dosiahnennia heodezii, heoinformatyky ta zemlevporiadkuvannia: X Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia – Yevropeiskyi dosvid – Recent advances in geodesy, geoinformatics and land management are European experience: X International Scientific and Practical Conference*. (Chernihiv, May 6-7, 2014). Retrieved from <http://ibf.stu.cn.ua/media/konferentsiya/zbirnyk-naukovyh-prats/2014-2/>.

*Oleksandra Narovlyanska***LANDS MARKET DYNAMICS IN CHERNIHIV REGION**

Urgency of the research. Considering the existing urgent social and economic necessity of opening the land market of the agricultural purpose, and also sufficient base technical requirements and successful legislative experience of country for adjusting of new for the state types of public relations adoption of the relevant Law on the basis of the bill, is extremely urgent and expedient.

Target setting. Due to the lack of perfect instruments of regulation of the market of lands in Ukraine there was the temporarily set moratorium that is constantly prolonged. According to the bill of Ukraine "About turnover of lands of agricultural purpose", the earth is a unique product of the nature which at the same time acts as the major means of production and as any other means of production, are goods. The necessity of forming of market of earth predetermines confession of earth a commodity.

Actual scientific researches and issues analysis. Formations of the market of lands investigate many domestic scientists. In Ukraine scientists and practitioners research administrative legal principles of regulation of the market of lands, for example H.I. Bashnianyn, Yu.D. Bilyk, O.S. Dorosh, V.V. Nosik, A.M. Tretiak, etc. They consider single questions of land resources management and state regulation of the lands market. Their works are devoted mostly to economic regulation of the market of lands, studying of solutions of a question of formation and development of the market of the earth, a research of the property right to the earth and its realization.

Uninvestigated parts of general matters defining. In the presence of a significant amount of thorough scientific research there is a package of unresolved and debatable questions which need further search of ways of their decision.

The research objective. Main goal of this article is the analysis of prospects of formation and development of the market of lands of agricultural purpose, definition of consequences from removal of the moratorium on purchase sale of land of agricultural purpose and search of an optimal variant of further reforming of the land's relations in Ukraine.

The statement of basic materials. For today, in Ukraine the system of the state inventory and registration of the material rights for real estate which gives an opportunity to assert opening of market of earth of the agricultural set about a necessity. According to the author, the market of the earth is a stability of the property rights, a possibility of their transfer from one person to another, it is accordance of prices on earth of her to the actual cost. It is the sphere of commodity exchange in which the earth acts as goods. It will be lawful to allocate the following types of the market of lands depending on the nature of the carried-out operations: market of purchase sale of the property right to the land plots and right of use (rent). Behind such directions for this time the land market of area is also formed. In practice this market has to function in a section of two segments - the market of farmlands and lands of nonagricultural appointment. Possibilities of stage-by-stage and adjustable opening of the market of lands of agricultural purpose are analyzed. Arguments concerning rent as the most acceptable basis of the organization of the lands market of agricultural purpose are adduced.

Conclusions. Thus, "the market of the earth" is not only purchase and sale, but also rent, exchange, talent and inheritance of the privatized earth for the sake of individual enrichment. Now of the market of the earth in of Ukraine of is in a formation stage, only its separate elements, in particular the market of rent of lands of agricultural purpose function. It leads increase in the amount of the annual rent.

Key words: moratorium; land market; agricultural land; leases.

Fig.: 3. Tabl.: 3. Bibl.: 9.

УДК 621.923.42

*Александра Наровлянская***ДИНАМИКА РЫНКА ЗЕМЕЛЬ ЧЕРНИГОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Несмотря на реалии рынка земли, который согласно Конституции Украины является основным богатством украинского народа, мысли ученых в вопросе существования в Украине рынка земли расходятся.

В данной статье освещены анализ перспектив формирования и развития рынка земель сельскохозяйственного назначения, рассмотрена динамика «продаж» земель по Черниговской области, определены последствия снятия моратория на куплю-продажу земель сельскохозяйственного назначения и намечен приемлемый вариант дальнейшего реформирования земельных отношений в Украине.

Ключевые слова: мораторий; рынок земель; сельскохозяйственного назначения; аренда.

Рис.: 3. Табл.: 3. Библ.: 9.

Наровлянская Оксандр Юрійвна – викладач кафедри геодезії, картографії та землеустрою, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

Наровлянская Александра Юрьевна – преподаватель кафедры геодезии, картографии и землеустройства, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

Narovlyanska Oleksandra – lecturer of Department of Geodesy, Cartography and Land Planning, Chernihiv National Technological University (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: narovlyanskaya1991@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0953-2033>

ResearcherID: <http://www.researcherid.com/rid/H-4547-2016>

УДК 628.15

DOI: 10.25140/2411-5363-2017-3(9)-206-212

Олександр Квартенко

**ШЛЯХИ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ МЕТОДІВ ОЧИЩЕННЯ
БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ ПІДЗЕМНИХ ВОД**

Актуальність теми дослідження. Існуючі станції знезалізнення, побудовані в основному за технологією спрощеної аерації та фільтрування, не в змозі вилучати із води розчинні органічні, залізоорганічні сполуки, азот амонійний, а також мінеральні комплекси заліза в природних слабокислих водах із низьким лужним резервом. Крім того, існуючі станції не передбачають стабілізаційну обробку фільтрату з метою постачання населення водою питної якості.

Постановка проблеми. Визначення шляхів інтенсифікації існуючих методів очищення підземних багатоконпонентних вод.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідити комплексний метод біофізико-хімічного очищення слабокислих підземних вод з низьким лужним резервом. Показати перевагу біохімічного методу очищення над стандартними фізико-хімічними методами.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Проведений аналіз сучасного стану технологій водоочищення підземних вод свідчить щодо їх варіативності щодо сполук заліза в нейтральних водах із нормальним лужним резервом за відсутності антропогенних чинників та інгібіторів окислення (азот амонійного, фенолів, гумінових кислот, розчинних органічних сполук, сірководню, агресивного діоксиду вуглецю). Тоді як у присутності зазначених інгредієнтів існуючі технології не спроможні надавати споживачам воду належної якості.

Виклад основного матеріалу. До факторів зовнішнього впливу на прискорення процесів очищення підземних вод, слід віднести: вплив дії постійного магнітного поля (ПМП) різної напруженості на розвиток консорціумів мікроорганізмів у біореакторах; вплив дії гідродинамічної кавітації на деструкцію складних органічних сполук; вплив дії різних доз реагентів як активаторів (Na_2CO_3), так і інгібіторів на процеси біохімічного знезалізнення; коригування величин бікарбонатної лужності, рН – Eh середовища; стабілізаційна обробка фільтрату. В цій роботі розглядається вплив активаторів та інгібіторів на процеси біохімічного очищення слабокислих залізомістких підземних вод із низьким лужним резервом.

Висновки. Встановлено, що використання біохімічного методу дозволяє проводити процес знезалізнення підземних слабокислих вод при концентраціях розчинного кисню $0,8 - 1,0 \text{ мг/дм}^3$ та розчинного заліза до 40 мг/дм^3 . Доведено, що використання розчину кальцінованої соди підвищує швидкість біохімічних реакцій а застосування ПМП навпаки гальмує процес. Запропонована технологія дозволяє проводити очищення слабокислих (рН 5,5 – 6,5) підземних вод з низьким (до $2,0 \text{ ммоль/дм}^3$) лужним резервом від сполук заліза (до 30 мг/дм^3), мангану (до $0,5 \text{ мг/дм}^3$), азот амонійного (до $2,5 \text{ мг/дм}^3$), вільного діоксиду вуглецю (до 80 мг/дм^3), розчинних органічних сполук (до $7 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$).

Ключові слова: екологічно безпечно використання багатоконпонентних підземних вод; матрикси залізобактерій; стабілізаційна обробка води.

Рис.: 3. Табл.: 1. Бібл.: 7.

Постановка проблеми. Проведений нами моніторинг параметрів якості води у 85 населених пунктах Волинської, Рівненської, Житомирської, Тернопільської, Закарпатської, Львівської, Хмельницької областей України надав такі результати. За концентрацією іонів Fe^{2+} – у 47 % досліджених населених пунктів вона становить $<3,0 \text{ мг/дм}^3$, у 24 % – від $3,0$ до $5,0 \text{ мг/дм}^3$, у 18 % – від $5,0$ до $10,0 \text{ мг/дм}^3$, у 11 % – від 10 до 30 мг/дм^3 . За перманганатною окисністю: у 54% із досліджених водозаборів вона становила $<4,0 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$, у 35% – від $4,0$ до $8,0 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$; у 7% населених пунктів $8,0-12,0 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$, у 4 % – $12,0-20,0 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$. За вмістом азот амонійного, із 67 досліджених водозаборів у Рівненській та Волинській областях, помірно забрудненими, відповідно, були 30 та 12,5 %, забрудненими – 18 та 31,3 %, брудними – 36 та 56 %.

Існуючі станції знезалізнення, побудовані в основному за технологією спрощеної аерації та фільтрування, не в змозі вилучати із води вказані забруднення, більш того, не розраховані на проведення стабілізаційної обробки фільтрату.

Таким чином, інтенсифікація роботи діючих станцій водоочищення, які працюють за методом спрощеної аерації з таким фільтруванням з метою постачання населення водою питної якості є актуальним завданням сьогодення.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. За майже 150 років існування технології знезалізнення води було запропоновано та впроваджено велику кількість методів видалення заліза. Найбільшого розповсюдження серед безреагентних методів у світі знайшли методи глибокої та спрощеної аерації [1–3].

Метод глибокої аерації застосовується за наявності у вихідній воді великої кількості заліза, а також присутності гумінових кислот, які значно зменшують швидкість окиснення заліза [1–3]. Суттєвим недоліком методу є присутність у схемі контактних резе-

рвуарів, градирень, насосів підкачки, що значно збільшує капітальні та експлуатаційні витрати, а також ускладнює експлуатацію обладнання.

Метод спрощеної аерації має відповідні обмеження як за якістю вихідної води ($\text{Fe}^{2+} < 10 \text{ мг/дм}^3$; $\text{H}_2\text{S} < 0,5 \text{ мг/дм}^3$; $\text{pH} \geq 6,7$; перманганатної окисності не більш ніж $5 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$), так і за швидким приростом втрат напору шляхом утворення в міжпоровому просторі завантаження структур у вигляді пухких пластівців гідроокису заліза, які мають у своїй структурі велику кількість молекул води.

У сучасних умовах актуальним завданням інтенсифікації роботи існуючих станцій знезалізнення є переведення їх із екстенсивних технологій до технологій, які забезпечують високу швидкість окиснення сполук заліза, зменшення об'ємів промивних вод, збільшення тривалості фільтроциклу. Одними із напрямків вирішення цього завдання є розроблені на кафедрі ВВБС (НУВГП) під керівництвом професора В. О. Орлова та впроваджені на багатьох станціях методи знезалізнення на пінополістирольних фільтрах із зростаючим шаром завислого осаду та контактного знезалізнення [2]. Іншим напрямком інтенсифікації роботи станцій знезалізнення є застосування біохімічного методу, який отримав розвиток за декілька останніх десятиріч у багатьох країнах світу. Перші сучасні системи біологічного знезалізнення з використанням швидких піщаних фільтрів у Європі були розроблені та впроваджені у Франції у 80-х роках ХХ сторіччя [4]. Перші станції біологічного знезалізнення в Англії, Японії та США були змонтовані відповідно у 1987, 1993 та 1996 роках [5; 6].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Проведений аналіз сучасного стану технологій водоочищення підземних вод [1–6] свідчить щодо їх варіативності щодо сполук заліза в нейтральних водах із нормальним лужним резервом за відсутності антропогенних чинників (аміаку, фенолів, розчинних органічних сполук, ПАВ). Тоді як у присутності зазначених антропогенних домішок існуючі технології не спроможні надавати споживачам воду належної якості. Це ж стосується використання в системах водопостачання слабокислих вод ($\text{pH} 5,5\text{--}6,5$) із низькою бікарбонатною лужністю ($0,8\text{--}2,0 \text{ ммоль/дм}^3$) у присутності залізоорганічних комплексів, азот амонійних сполук (до 5 мг/дм^3), фенолів (до $0,05 \text{ мг/дм}^3$). Тому в сучасних умовах важливо проводити комплексне очищення природних вод різних класів якості з одночасним проведенням їх стабілізаційної обробки.

Мета статті. Головною метою цієї роботи є визначення шляхів інтенсифікації існуючих методів очищення різних за класами якості підземних багатокомпонентних вод в умовах підвищеного антропогенного навантаження.

Виклад основного матеріалу. Основними напрямками щодо інтенсифікації роботи діючих та нових водоочисних комплексів, на нашу думку, є застосування модифікованого комплексу біофізико-хімічних методів очищення залежно від параметрів якості вихідної води. До факторів зовнішнього впливу на прискорення процесів очищення підземних вод, слід віднести: 1) вплив дії постійного магнітного поля (ПМП) різної напруженості на розвиток консорціумів мікроорганізмів у біореакторах; 2) вплив дії гідродинамічної кавітації на деструкцію складних органічних сполук; 3) вплив дії різних доз реагентів як активаторів (Na_2CO_3), так і інгібіторів на процеси біохімічного знезалізнення; 4) коригування величин бікарбонатної лужності, pH – Eh середовища; 5) стабілізаційна обробка фільтрату.

У цій роботі розглядається вплив активаторів та інгібіторів процесу біохімічного очищення слабокислих залізомістких підземних вод із низьким лужним резервом. Дослідження проводилися на пілотній установці, до складу якої входили ємність вихідної води об'ємом 2000 мл, реакційної колби об'ємом 500 мл, насосу Камовського для відкачки повітря із реакційної колби та перекачування дослідженого розчину по блоках схеми, колби зі змінним паперовим фільтром «синя стрічка» та керамічним фільтром, магнітної мішалки ММ-5 та системи гумових шлангів, які з'єднували окремі блоки в єдину технологічну схему (рис. 1).



Рис. 1. Схема пілотної установки дослідження кінетики окиснення сполук заліза у зваженому шарі осаду із матриксів біо-мінералів, залізобактерій та гідроксиду заліза: 1 – ємність вихідної води; 2 – ємність реактору; 3 – магнітна мішалка; 4 – фільтр; 5 – ємність збору фільтрату; 6 – насос Камовського

Магнітна мішалка використовувалася для підтримання однакової концентрації осаду із біо-мінералами по всьому об'єму реакційної колби. Як досліджуване середовище виступала природна підземна вода із свердловини м. Березне Рівненської області. Воду із свердловини відбирали під залив, запобігаючи попаданню до неї кисню повітря. В ємність вихідної води додавали розрахункову кількість 0,1 н розчину соляної кислоти та сульфату заліза. В реакційну колбу заливали 10 мл осаду, а також залежно від методики досліду активатори або інгібітори розвитку бактерій (табл.).

Таблиця

Параметри якості досліджуваної води

№ графіка на рис. 2	Параметри якості розчину					
	pH	Fe ²⁺ , мг/дм ³	Лужність, ммоль/дм ³	O ₂ , мг/дм ³	Na ₂ CO ₃ , мг/дм ³	ПГМГ, мг/дм ³
Слабокислі імітаційні водні розчини pH 5,5 – 6,5						
1	6,0	31,0	1,3	2,0 – 3,0	-	-
2	6,5	43,8	1,3	1,0	-	-
3	6,5–6,7	41,3	1,4	1,4	40	-
4	6,0–6,2	45,0	1,5	1,0	40	-
5	5,85	41,0	0,8	1,0	40	2·10 ⁻⁶
6	6,3	38,0	2,7	1,7	80	-
7	6,3	40,0	2,7	1,7	60	-
8	6,0–6,2	38	1,5	0,8	-	-

Концентрації заліза Fe²⁺ та Fe_{заг} визначали як у фільтраті, так і на паперовому фільтрі «синя стрічка», розташовуючи його після фільтрації відповідного об'єму проби у чашці Петрі з розчином 1:1 HCl. Проводячи порівняння з кінетикою видалення Fe²⁺ з розчину за безреагентною схемою (досліди № 1, 2 і 8 табл. 1 та рис. 2), можна зробити такі висновки: при однакових значеннях бікарбонатної лужності води 1,3–1,5 ммоль/дм³ і концентрації розчиненого кисню (0,8–1,0 мг/дм³), при різних значеннях величин pH (у досліді № 2 pH = 6,5; у досліді № 8 pH = 6,0) ефективність очищення за проміжок часу 6–10 хвилин є приблизно однаковою з деякими подальшим збільшенням на 4–15 % при pH = 6,0 у проміжки часу 30–60 хвилин. Це пояснюється тим, що в цьому випадку зберігається більша кількість іонів Fe²⁺, які виступають донорами електронів, необхідних для проведення процесу дихання автотрофів *Gallionella*. При цьому збільшення концентрації кисню у розчині від (0,8–1,0 до 2,0 мг/дм³) істотно не впливає на процес окислення Fe²⁺ у слабокислому середовищі з низьким лужним резервом, при підвищених концентраціях Fe²⁺ (30 – 43 мг/дм³).

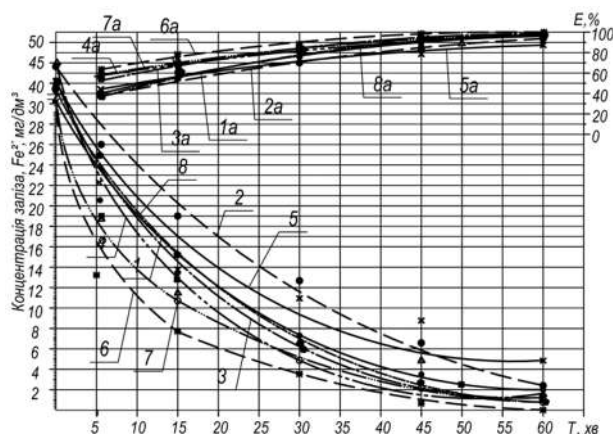


Рис. 2. Кінетика та ефективність очищення слабкокислих залізомістких підземних вод у завислому шарі матриксів залізобактерій залежно від часу контакту та параметрів якості вхідної води. Номери графіків відповідають параметрам якості води в табл. 1

При додаванні додаткового джерела неорганічного вуглецю ($\text{Na}_2\text{CO}_3 = 40 \text{ мг/дм}^3$) і одночасній підтримці величини рН розчину в межах 6,0–6,2 і лужності $1,5 \text{ ммоль/дм}^3$, за допомогою коригуванням розчином HCl (рис. 2 крива 4) відбувається збільшення ефективності видалення іонів Fe^{2+} в перші 30 хвилин у порівнянні з безреагентними схемами (№ 1, 2, 8 табл. 1) на 19% з подальшим вирівнюванням швидкості процесу в проміжок часу від 45 до 60 хвилин (рис. 2 криві 1, 2, 8 та 4). При переході імітата в область біля нейтральних вод (рН = 6,7 рис. 2 крива 3) з додаванням концентрації розчину $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 40 \text{ мг/дм}^3$; та $\text{NaHCO}_3 = 12 \text{ мг}$ на $500 \text{ мл H}_2\text{O}$ та $\text{HCl} = 40 \text{ мг/дм}^3$ на 600 мл води так само спостерігалось підвищення ефективності видалення Fe^{2+} з розчину на 13–15% в перші 15 хвилин у порівнянні з безреагентною схемою. При введенні в зону реакції препарату полігексаметилenguанідину (ПГМГ) і величині бікарбонатної лужності $0,8 \text{ ммоль/дм}^3$ в слабкокислому середовищі, незважаючи на додавання 40 мг/дм^3 розчину Na_2CO_3 відбувалося деяке пригнічення процесу окиснення іонів Fe^{2+} залізобактеріями (рис.2 крива 5). Ефективність очищення в перші 15 хвилин лише на 6–8% вище, ніж у дослідях за безреагентними схемами, а починаючи з 30 хвилин відбувалося деяке гальмування швидкості реакції переходу $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$ на 10–14%, у порівнянні із безреагентними схемами. Це можна пояснити інгібуванням активності бактерій препаратом завдяки його бактерицидній активності та низькій токсичності [7], а також адсорбцією полікатіонів на поверхні матриксних структур залізобактерій, які витісняють катіони Fe^{2+} і, таким чином, гальмують перенесення електронів усередину клітини на дихальний ланцюг. Найбільший ефект виведення Fe^{2+} із зони реакції спостерігався при додаванні в розчин $80 \text{ мг/дм}^3 \text{ Na}_2\text{CO}_3$, і підвищенні величин рН і бікарбонатної лужності відповідно до величин рН = 6,5 і $2,7 \text{ ммоль/дм}^3$. У цьому випадку процес окиснення Fe^{2+} відбувався за 45 хвилин при концентрації розчиненого кисню $1,5\text{--}1,7 \text{ мг/дм}^3$ (рис. 2 крива 6). У порівнянні з безреагентною схемою ефективність зростала в перші 15 хвилин на 26–19%, з подальшим зниженням швидкості проходження процесу. Таким чином, у слабкокислому середовищі, з надлишком катіонів Fe^{2+} , які є донорами електронів, що вбудовуються в дихальний механізм клітин, і нестачі розчиненого кисню для проходження реакції хімічного окиснення при низькій бікарбонатній лужності (до $2,0 \text{ ммоль/дм}^3$) видалення іонів Fe^{2+} із зони реакції з подальшим утворенням біомінералів $\alpha\text{-FeOОН}$, залежить від наявності введенні достатньої кількості джерела неорганічного вуглецю, що дозволяє будувати залізобактеріям нову клітинну масу. Оптимальна швидкість окиснення Fe^{2+} спостерігається при величинах рН = 6,0–6,5, бікарбонатній лужності $2,0\text{--}2,7 \text{ ммоль/дм}^3$ і концентрації розчину Na_2CO_3 $60\text{--}80 \text{ мг/дм}^3$.

За результатами проведених лабораторних та виробничих досліджень нами була зроблена та впроваджена в робочі проекти технологічна схема (рис. 3), яка базується на використанні комплексного біофізико-хімічного методу очищення.

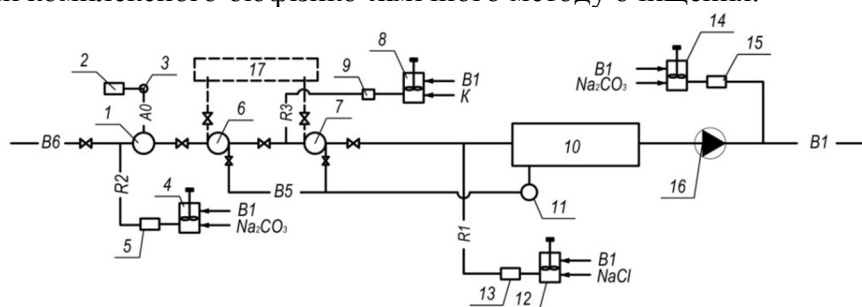


Рис. 3. Планова технологічна блок-схема очищення слабокислих підземних вод з низьким лужним резервом:

- 1 – напірний змішувач; 2 – компресор; 3 – ресивер; 4, 14 – розчинно-витратні баки кальцінованої соди; 5, 15 – насоси дозатори кальцінованої соди; 6 – напірний біореактор; 7 – напірний фільтр; 8 – витратний бак розчину коагулянту; 9 – насос дозатор коагулянту; 10 – РЧВ; 11 – промивний насос; 12 – витратний бак розчину гіпохлориту натрію; 16 – насоси другого підйому; 17 – блок обробки відпрацьованих промивних вод та збору осаду біомінералів заліза

Базовою відмінністю від існуючих схем, які працюють за методом фізико-хімічного очищення є: 1) використання біореакторів із закріпленими консорціумами бактерій; 2) зменшення концентрації розчиненого у воді кисню до 3–4 мг/дм³; 3) відсутність необхідності дегазації води від розчиненого діоксиду вуглецю, який використовується залізо-бактеріями роду *Gallionella* як єдине джерело вуглецю для побудови клітинної біомаси; 4) використання продуктів метаболізму бактерій роду *Leptothrix* у слабокислому середовищі біореактору для окиснення органічних сполук за реакцією Фентона; 5) можливості регулювання швидкості біохімічного процесу шляхом коригування величин бікарбонатної лужності, рН та концентрації неорганічного вуглецю; 6) збільшенню тривалості фільтроциклу за рахунок накопичення у міжпоровому просторі контактного завантаження біореактору біомінералів γ – FeOОН, кристалічна форма яких є більш компактною ніж аморфного осаду Fe(OH)₃ який утворюється в результаті застосування методу спрощеної аерації та фільтрування.

Введення розчину коагулянту, оксихлориду алюмінія, у дозах 10–15 мг/дм³ дозволяє прискорити процес очищення води від колоїдних домішок. При концентраціях вихідного заліза у підземних водах до 30 мг/дм³ швидкість фільтрування на біореакторах рекомендується підтримувати в межах 3–5 м/год.

Для запобігання повторного забруднення агресивного фільтрату продуктами корозії водопровідної мережі, в технологічній схемі, передбачено проведення його стабілізаційної обробки.

Отримані результати дозволяють констатувати перспективність впровадження комплексного біофізико-хімічного методу очищення підземних слабокислих вод із досягненням необхідних параметрів якості води в системах водопостачання та водокористування об'єктів продуктивністю до 1000 м³/добу.

Висновки і пропозиції.

1. На основі проведених експериментальних досліджень визначені шляхи інтенсифікації існуючих методів очищення різних за класами якості підземних вод.

2. Встановлено, що використання біохімічного методу дозволяє проводити процес знезалізнення підземних слабокислих вод при концентраціях розчинного кисню 0,8-1,0 мг/дм³ та розчинного заліза до 40 мг/дм³.

3. Доведено, що використання розчину кальцінованої соди підвищує швидкість біохімічних реакцій, а застосування ПГМГ навпаки гальмує процес.

4. Запропонована за результатами лабораторних та виробничих досліджень технологія дозволяє не тільки проводити очищення слабокислих (рН 5,5–6,5) підземних вод з низьким (до 2,0 ммоль/дм³) лужним резервом від сполук заліза (до 30 мг/дм³), мангану (до 0,5 мг/дм³), азот амонійного (до 2,5 мг/дм³), вільного диоксиду вуглецю (до 80 мг/дм³), розчинних органічних сполук (до 7 мгО₂/дм³), кольоровості (до 50 град. ПКШ), але й проводити стабілізаційну обробку фільтрату, коригуючи величини рН – Eh середовища, бікарбонатної лужності, концентрації іонів Ca²⁺.

Список використаних джерел

1. Золотова Е. Ф. Очистка воды от железа, марганца, фтора и сероводорода / Е. Ф. Золотова, Г. Ю. Асс. – М. : Стройиздат, 1975. – 176 с.
2. Орлов В. О. Знезалізнення підземних вод спрощеною аерацією та фільтруванням : [монографія] / Валерій Олегович Орлов. – Рівне : Видавничий центр НУВГП, 2008. – 158 с.
3. *Технические записки по проблемам воды* : пер. с англ. В 2 т. Т. 1 / [Барак К., Бебен Ж., Бернар Ж. и др.] ; под ред. Т. А. Карюхиной, И. Н. Чурбановой. – М. : Стройиздат, 1983. – 607 с.
4. Mouchet P. From Conventional to Biological Removal of Iron and Manganese in France / P. Mouchet // Journal of the American Water Works Association. – 1992. – Vol. 84, no 4. – Pp. 158–167.
5. Cameron I. New frontier – biological iron and manganese removal from drinking water / I. Cameron, F. Bourguine // International Congress on Local Government Engineering and Public Works: Incorporating the 10th National Local Government Engineering Conference, Sydney, Australia, 22-26 August 1999. – 110 p.
6. Iron and manganese removal by iron bacteria in groundwater / T. Tamura, T. Tsunai, Y. Ishimaru, A. Nakata // Suido Kyokai Zasshi (J. Japan Water Works Assoc.). – 1999. – No. 68. – Pp. 1–13.
7. Differential sensitivity of microorganisms to polyhexamethyleneguanidine / Lysytsya, A. V., Mandygra, Y. M., Bojko, O. P., Romanishyna, O. O., Mandygra, M. S. // *Microbiologichny zhurnal*. – 2015. – № 77 (5). – Pp. 11–19.

References

1. Zolotova, E.F., Ass, H.Yu. (1975). *Ochistka vody ot zheleza, marhantsa, flora i serovodorodan [Water purification from iron, manganese, fluorine, and hydrogen sulfide]*. Moscow: Stroiizdat (in Russian).
2. Orlov, V.O. (2008). *Znezaliznennia pidzemnykh vod sproshchenoiu aeratsiieiu ta filtruvanniam [Simplified iron removal of underground water aeration and filtration]*. Rivne: Vydavnychiy tsentr NUVHP (in Ukrainian).
3. Barak K., Beben Zh., Bernar Zh. et al., Kariukhina, T.A., Churbanova, Y.N. (ed.) (1983). *Tekhnicheskie zapiski po problemam vody [Technical notes on water issues]* (Vol. 1). Moscow: Stroiizdat (in Russian).
4. Mouchet P. (1992). From Conventional to Biological Removal of Iron and Manganese in France. *Journal of the American Water Works Association*, vol. 84, no 4, pp. 158–167.
5. Cameron, I., Bourguine, F. New frontier - biological iron and manganese removal from drinking water (1999). International Congress on Local Government Engineering and Public Works: *Incorporating the 10th National Local Government Engineering Conference*, Sydney, Australia, 22-26 August 1999.
6. Tamura, T., Tsunai, T., Ishimaru, Y., Nakata, A. (1999). Iron and manganese removal by iron bacteria in groundwater. *Suido Kyokai Zasshi* (J. Japan Water Works Assoc.), no. 68, pp. 1–13.
7. Lysytsya, A. V., Mandygra, Y. M., Bojko, O. P., Romanishyna, O. O., Mandygra, M. S. (2015). Differential sensitivity of microorganisms to polyhexamethyleneguanidine. *Microbiologichny zhurnal*, 77(5), 11-19.

UDC 628.15

Alexander Kvartenko

WAYS OF INTENSIFICATION OF METHODS OF CLEANING MULTICOMPONENT UNDERGROUND WATER

Urgency of the research. *The existing stations of deferrization built mainly by the technology of simplified aeration and filtration are unable to remove from water dissolved organic, ferrum-organic compounds, ammonium nitrogen, and also mineral complexes of ferrum in natural weakly acidic waters with low alkaline reserve. Besides, the existing stations do not foresee the stabilizing processing of filtrate with the aim of supplying the population with water of drinking quality.*

Target user. *The determination of ways to intensify existing methods of treating underground multi-component waters.*

Actual scientific researches and issues analysis. To study the comprehensive method of biophysico-chemical purification of weak acidic underground waters with low alkaline reserve. To show the advantage of the biochemical method of treatment over standard physico-chemical methods.

Uninvestigated parts of general matters defining. The analysis carried out of the present stage of technologies of water treatment for underground waters testifies to their variability concerning ferrom compounds in neutral waters with normal alkaline reserve under the absence of anthropogenic factors and inhibitors of oxidization (ammonium nitrogen, phenols, humin acids, dissolved organic compounds, hydrogen sulphide, aggressive carbon dioxide). Then as with the presence of the said ingredients existing technologies cannot render to water proper qualities.

The statement of basic materials. To factors of the exterior influence upon the acceleration of processes of underground waters treatment we are to refer: the impact of the action of constant magnetic field (CMF) of various stress on the development of microorganisms consortiums in bioreactors; the impact of the action of hydrodynamic cavitation on the destruction of complicated organic compounds; the impact of the action of different doses of reagents both as activizers (Na_2CO_3) and inhibitors on the processes of biochemieal deferrization, the correction of values of biocarbonate alkalinity, pH-Eh of medium; the stabilization processing of filtrate. In this work the influence is considered of activizers and inhibitors on the process of the biochemical treatment of weak acidic ferrum containing waters with low kaline reserve.

Conclusion. It is determined that the use of the biochemical method allows to carry out the process of deferrization of underground weak acidic waters under the concentration of dissolved oxygen 0,8–1,0 mg/dm³ and of dissolved ferrum up to 40 mg/dm³. It is proved that the use of the solution of soda ash increases the rate of biochemical reactions and the use of polyhexamethylene guanidine just the opposite hinders the process. The suggested technology permits to carry out the purification of weak acidic (pH 5,5–6,5) underground waters with low (up to 2,0 mole/dm³) alkaline reserve from ferrom compounds (up to 30 mg/dm³), manganese (up to 0,5 mg/dm³), ammonia nitrogen (up to 2,5 mg/dm³), free carbon dioxide (up to 80 mg/dm³), dissolved organic compounds (up to 7 mgO₂/dm³).

Key words: ecologically safe use of multicomponent groundwater; iron bacteria matrix; stabilizing water treatment.

Fig.: 3. Tabl.: 1. Bibl.: 7.

УДК 628.15

Александр Квартенко

ПУТИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Подземные воды являются основным источником питьевого водопользования для малых населенных пунктов и большинства городов Северо-Западных областей Украины. По результатам мониторинга качества подземных вод в 85 населенных пунктах Северо-Западных областей Украины установлена необходимость в их комплексной очистке от соединений железа, азота аммонийного, растворимой органики, фенолов. Анализ существующих технологий указал на невозможность комплексного извлечения указанных ингредиентов и обеспечения населения водой питьевого качества. Работа посвящена решению данной проблемы. Для интенсификации работы действующих станций обезжелезивания, работающих по методу упрощенной аэрации фильтрования для очистки слабокислых железосодержащих вод с низким щелочным резервом, предложены к внедрению усовершенствованные технологии, основанные на применении модифицированного комплекса биофизико-химических методов водоочистки.

Ключевые слова: экологически безопасное использование многокомпонентных подземных вод; матриксы железобактерий; стабилизационная обработка воды.

Рис.: 3. Табл.: 1. Библ.: 7.

Квартенко Олександр Миколайович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи, Національний університет водного господарства та природокористування (вул. Соборна, 11, м. Рівне, Україна, 33028, Україна).

Квартенко Александр Николаевич – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и бурового дела, Национальный университет водного хозяйства и природопользования (ул. Соборная, 11, г. Ровно, 33028, Украина).

Kvartenko Alexander – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Department of Water Supply, Water Disposal And Drilling Engineering, National University of Water and Environmental Engineering (11 Soborna Str., 33028 Rivne, Ukraine).

E-mail: o.m.kvartenko@nuwm.edu.ua

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5634-1128>

**ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ТА ПОДАЧІ РУКОПИСІВ
НАУКОВИХ СТАТЕЙ ДО НАУКОВОГО ЖУРНАЛУ
«ТЕХНІЧНІ НАУКИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ»**

Шановні дописувачі!

Для подання статті необхідно спочатку надіслати на електронну адресу tst.technical.sj@gmail.com Вашу статтю, рецензію та довідку про автора (ів) для попереднього розгляду редакційною колегією журналу «Технічні науки та технології».

Після отримання позитивного відгуку прохання сплатити вартість публікації і відправити весь пакет документів.

Для публікації статті у журналі «Технічні науки та технології» необхідно в обов'язковому порядку подати:

- електронний варіант статті, оформленої за зразком;
- рецензію на статтю за підписом доктора наук;
- довідку про авторів;
- квитанцію (скановану) про сплату вартості публікації наукової статті;
- структуровану анотацію.

Опублікування наукових статей у журналі «Технічні науки та технології» є платним. Вартість публікації 1 сторінки наукової статті становить **50 грн** (прохання обов'язково уточнювати вартість публікації). Оплата підтверджується квитанцією.

**УМОВИ ПУБЛІКАЦІЇ, ВИМОГИ ЩОДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ, РЕКВІЗИТИ
ОПЛАТИ ТА ОСТАННІ НОМЕРИ НАУКОВОГО ЖУРНАЛУ «ТЕХНІЧНІ НАУКИ
ТА ТЕХНОЛОГІЇ» РОЗМІЩЕНО НА САЙТІ ЧЕРНІГІВСЬКОГО
НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ:**

<http://tst.stu.cn.ua/>

Контактна інформація.

Матеріали необхідно надсилати на адресу: 14027, м. Чернігів, вул. Шевченка, 95, корп. 1, к. 242 (науково-дослідна частина).

Контактна особа: **Кормило Ірина Миколаївна.**

Тел. роб.: (04622) 3-42-44

Тел. моб.: (093) 592-78-12

E-mail: tst.technical.sj@gmail.com

**Відповідальність за матеріали, наведені у статті, несе автор.
Неправильно оформлені автором стаття та супровідні документи,
що не відповідають зазначеним вимогам, розглядатися не будуть.**

Редакція розглядає надходження публікації та супровідних документів (рецензії, довідки про авторів тощо) як згоду дописувача (ів) щодо передачі авторського права на використання твору (тиражування, розповсюдження тощо).

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

ТЕХНІЧНІ НАУКИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

№ 3 (9)

Відповідальний за випуск	О. І. Пилипенко
Коректор	О. С. Смелова
Комп'ютерна верстка і макетування	Т. М. Колот

Підписано до друку 27.09.2017. Формат 60x84/8. Друк різнографія.
Гарнітура Times New Roman. Ум. друк. арк. – 24,87.
Тираж 100 пр. Замовлення № 393/17.

Редакційно-видавничий відділ Чернігівського національного технологічного університету
14027, Україна, м. Чернігів, вул. Шевченка, 95.

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру видавців,
виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції
серія ДК № 4802 від 01.12.2014 р.