

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)**  
**Університет імені П'єра і Марії Кюрі (Франція)**  
**Маріборський університет (Словенія)**  
**Технічний університет у Кошице (Словаччина)**  
**Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (Литва)**  
**Білоруський національний технічний університет (Республіка Білорусь)**  
**Міжнародний університет цивільної авіації (Марокко)**  
**Наукове товариство ім. Т.Шевченка**

# **АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Збірник**  
**тез доповідей**  
**Том I**

**X Міжнародної науково-практичної  
конференції молодих учених та студентів**  
24-25 листопада 2021 року



**УКРАЇНА**  
**ТЕРНОПІЛЬ – 2021**

**Ministry of Education and Science of Ukraine  
Ternopil Ivan Puluj National Technical University (Ukraine)  
Pierre and Marie Curie University (The French Republic)  
University of Maribor (The Republic of Slovenia)  
Technical University of Kosice (The Slovak Republic)  
Vilnius Gediminas Technical University (The Republic of Lithuania)  
Belarusian National Technical University (Republic of Belarus)  
International Academy Mohammed VI of Civil Aviation (Morocco)  
T. Shevchenko Scientific Society**

# **CURRENT ISSUES IN MODERN TECHNOLOGIES**

**Book**  
of abstracts  
**Volume I**

**of the X International scientific and practical  
conference of young researchers and students  
24th-25th of November 2021**



**UKRAINE  
TERNOPIL – 2021**

UDC 001  
A 43

Actual problems of modern technologies: book of abstracts of the X International scientific and practical conference of young researchers and students, (Ternopil, 24th-25th of November 2021.) / Ministry of Education and Science of Ukraine, Ternopil Ivan Puluj National Technical University [and other.]. – Ternopil: PE Palianytsia V. A., 2021. T. 1. – 155.

ISBN 978-617-7875-25-2

## PROGRAM COMMITTEE

<b>Chairman:</b> Yasniy P.V. – Dr., Prof., rector of TNTU (Ukraine)
---

**Co-Chairman:** Maruschak P.O. – Dr., Prof. of TNTU (Ukraine).

**Scientific secretary:** Markovych I.B. – Ph.D., Assoc. Prof. of TNTU (Ukraine)

**Members of the program committee:** Vyherer T. – Prof. of University of Maribor (The Republic of Slovenia); Vinash J. – Prof. of Technical University of Košice (Slovakia); Prentkovskis O. – Prof of Vilnius Gediminas Technical University (Lithuania); Stahovych P. – Dr., Prof of Ignacy Łukasiewicz Rzeszow University of Technology (The Republic of Poland); Bogdanovych A. – Dr., Prof. of Belarusian National Technical University (Republic of Belarus); Menoy A. – Dr., Prof. of International Academy Mohammed VI of Civil Aviation (Morocco); Andreikiv O.Ye. – Dr., Prof. Ivan Franko National University of Lviv, Corresponding Member of National Academy of Sciences of Ukraine (Ukraine).

**The address of the organization committee:**

TNTU, Ruska str. 56, Ternopil, 46001,

tel. (0352) 519724, fax (0352) 254983

E-mail: [konfmol@gmail.com](mailto:konfmol@gmail.com)

Editing, design, layout: Martyniak I.O.

## TOPICS OF THE CONFERENCE

- Physical and Technical Fundamentals of New Technologies Development;
- New Materials, Strength and Durability of the Constructions Elements;
- Modern Technologies in Construction, Machine- and Instrument-Building;
- Modern Technologies in Transport Area;
- Computer and Information Technologies and Communication Systems

УДК 001  
А 43

Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей X міжнар. наук.-практ. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 24–25 листоп. 2021.) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін.]. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2021. Т. 1. – 155.

**ISBN 978-617-7875-25-2**

## ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

**Голова:** Ясній Петро Володимирович – д.т.н., проф., ректор ТНТУ ім. І. Пулюя (Україна).

**Заступник голови:** Марущак Павло Орестович – д.т.н., проф. ТНТУ ім. І. Пулюя. (Україна)

**Вчений секретар:** Маркович Ірина Богданівна – к.е.н., доц. ТНТУ ім. І. Пулюя. (Україна)

**Члени:** Вухерер Т. – професор факультету інженерної механіки Маріборського університету (Словенія); Вінаш Я. – професор кафедри технології металів Технічного університету у Кошице (Словаччина ); Прентковскіс О. – декан факультету Вільнюського технічного університету ім. Гедимінаса (Литва); Стахович Ф. – завідувач кафедри обробки матеріалів тиском Жешувського політехнічного університету ім. Лукасевича (Польща); Богданович А. – професор кафедри механіки Білоруського національного технічного університету (Республіка Білорусь); Меноу А. – д.т.н., професор Міжнародного університету цивільної авіації (Марокко); Андрейків О. – д.т.н., професор кафедри механіки Львівського національного університету ім. І. Франка, член-корр. НАН України.

### **Адреса оргкомітету:**

ТНТУ ім. І. Пулюя, м. Тернопіль, вул. Руська, 56, 46001,

тел. **0506689327**, факс (0352) 255798

E-mail: [konfmol@gmail.com](mailto:konfmol@gmail.com)

Редагування, оформлення, верстка: Мартиняк І.О.

## СЕКЦІЇ КОНФЕРЕНЦІЇ, ЯКІ ПРЕДСТВЛЕНІ В ЗБІРНИКУ

- фізико-технічні основи розвитку нових технологій;
- нові матеріали, міцність і довговічність елементів конструкцій;
- сучасні технології в будівництві, машино- та приладобудуванні;
- сучасні технології на транспорті.
- компютерно-інформаційні технології та системи зв'язку

**СЕКЦІЯ: ФІЗИКО-ТЕХНІЧНІ ОСНОВИ РОЗВИТКУ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

УДК 621.865

**Р.З. Золотий, к.т.н., доц.; О.Р. Дмитрів к.т.н., доц.; Р.І. Охнівський; В. П.Семенець**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**АВТОМАТИЗОВАНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІЧНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ ТЕРТЯ ПРИ  
ТРАНСПОРТУВАННІ КУЛЬОВИХ ОБ'ЄКТІВ**

**R. Zoloty, Ph.D., Assoc. Prof; O. Dmytriv, Ph.D., Assoc. Prof; R. Ohnivskiy; . V.Semenets**  
**AUTOMATED DETERMINATION OF DYNAMIC COEFFICIENTS OF FRICTION  
DURING TRANSPORTATION OF BALL OBJECTS**

При переміщенні кульових тіл, обмежених сферичною поверхнею, залежно від умов транспортування, коефіцієнт тертя куль до опорних поверхонь, може змінюватись від коефіцієнта тертя кочення до коефіцієнта тертя ковзання.

Зокрема, при переміщенні куль по жолобу, утвореному двома прутковими направляючими, в точках контакту проходить взаємне переміщення об'єктів, яке характерне як для кочення, так для ковзання (верчення), що унеможливує пряму оцінку коефіцієнту динамічного тертя куль до направляючих поверхонь жолоба.

В цьому випадку коефіцієнт тертя можна визначити непрямим методом із порівнянням часу проходження певної траси за наявності тертя та при його відсутності.

Зокрема при відсутності тертя із умови збереження кінетичної та потенціальної енергії кінцева швидкість шару при переміщенні між двома точками з перепадом висот  $\Delta h$  буде  $v = \sqrt{2g\Delta h}$ , звідки теоретичне значення часу  $t_T$  переміщення кулі на цій ділянці без тертя буде

$$t_T = \int_0^S \frac{ds}{\sqrt{2g\Delta h(s)}} \quad (1)$$

де  $H$  - початкова висота розміщення;  $s$  - біжуча довжина траси від 0 до  $S$ .

При наявності енергетичних втрат на тертя час проходження траси буде більший і його визначають експериментально.

Для прямолінійних похилих дільниць динамічний коефіцієнт тертя можна визначити аналогічно [1]:

$$\mu_{\vartheta} = \left[ 1 - \left( \frac{t_0}{t_E} \right) \right] \operatorname{tg} \alpha \quad (2)$$

де  $t_0$  - час руху без урахування сили тертя (час вертикального падіння,  $\alpha = 90^\circ$ );  $t_E$  - час руху з урахування сили тертя по похилій площині за експериментальними результатами.

Ще більш складнішими будуть динамічні впливи реакцій транспортуючих та направляючих поверхонь на кульовий об'єкт при його переміщенні гвинтовими транспортуючими пристроями. Так, при вертикальному підйомі куль гвинтовим пристроєм по двох направляючих, нормальні реакції від поверхонь будуть спрямовані до центру кулі, а тангенціальні - протилежно вектору швидкостей відносного переміщення поверхонь куль та опорних поверхонь в точках контакту.

Для розрахунку вертикального підйому куль розмістимо систему координат  $Oxyz$  таким чином, щоб вісь  $Oz$  співпадала із віссю гвинта, а вісь  $Ox$  була спрямована в сторону куль, що піднімаються.

Для центрування куль гвинтова поверхня робочого органу повинна притискати їх до направляючих, що забезпечується відповідним її нахилом.

Тоді параметричне рівняння обертової гвинтової поверхні буде:

$$x = u \cos(v - \omega t); \quad y = u \sin(v - \omega t); \quad z = vT/(2\pi) - u \sin \delta \quad (3)$$

де  $u$  та  $i$  - лінійний та кутовий параметр гвинтової поверхні;  $\omega$  - кутова швидкість обертання гвинта;  $\delta$  - кут нахилу гвинтової поверхні в радіальному січенні.

На кулю, що розміщена на віддалі  $\rho$  від осі гвинта і має координати  $C(\rho; 0; \omega T / 2\pi)$ , зі сторони направляючих в горизонтальній площині будуть діяти реакції  $\vec{N}_k$  та  $\vec{N}_k$ , що направлені до центру кулі. Зі сторони гвинтової поверхні на кулю буде діяти нормальна реакція

$$\vec{N}_k = N_k (\sin \delta \cdot \vec{i} + \sin \alpha_\rho \cos \delta \cdot \vec{j} + \cos \alpha_\rho \cos \delta \cdot \vec{k}) , \quad (4)$$

де  $\alpha_\rho$  - кут підйому гвинта в точці контакту з кулею.

Реакції, що діють на кулю із 3 ступенями вільності, залежать від перерозподілу сил, що вноситься силами тертя, напрямком яких задається напрямком вектору кутової швидкості,  $\vec{\omega}_k = \vec{\omega}_x + \vec{\omega}_y + \vec{\omega}_z$  і може бути визначений експериментально.

З метою встановлення умов транспортування кулі по направляючих гвинтовим підйомником, експериментального визначення динамічного коефіцієнта тертя кульових об'єктів по пруткових направляючих та гвинтовій поверхні та визначення оптимізації транспортної системи для кульових об'єктів, розроблена експериментальна установка, рис., яка в автоматизованому режимі буде реалізовувати програму експерименту.

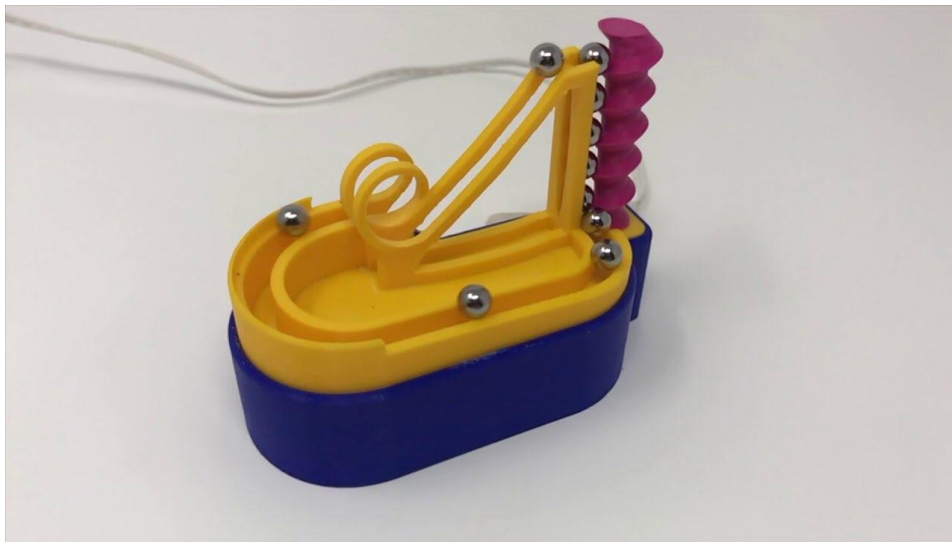


Рис.1. Установка для експериментального визначення динамічних коефіцієнтів тертя кульових об'єктів в автоматизованому режимі.

Час проходження кульових об'єктів по трасі буде визначатись з допомогою безконтактних датчиків. Провертання куль при транспортуванні, зокрема на гвинтовому підйомнику та інші кінематичні параметри оцінюватимуться швидкісною зйомкою. Зміна швидкості обертання гвинта здійснюватиметься частотним перетворювачем. Установка знаходиться в стадії налагодження, її елементи виготовлені методом 3-D друку.

#### Література:

1. Аврутов В. В. К задаче определения трения скольжения. Вісник НТУУ «КПІ». Серія приладобудування. 2011. Вип. 42. С. 195-199.

УДК 621.791

В.О. Яцюк, В.О. Ситарчук, В.В. Скоропляс

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ОСОБЛИВОСТІ ВИБОРУ СХЕМИ РОЗРАХУНКУ ПОШИРЕННЯ ТЕПЛОТИ ПРИ ЗВАРЮВАННІ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ ПЛАСТИНА

V.O. Yatsyuk, V.O. Sytarchuk, V.V. Skoroplias

### PECULIARITIES OF HEAT DISTRIBUTION CALCULATION SCHEME IN WELDING OF PLATE

З метою аналізу процесів структуроутворення у зоні термічного впливу, оцінювання зварюваності матеріалу та імовірності утворення холодних тріщин, прогнозування механічних властивостей та розмірів ділянок розміщення, розрахунку теплових деформацій визначають закономірності теплових процесів у зварному виробі.

Для рішення диференційного рівняння теплопровідності, враховуючи масивні розміри деталей та невеликі розміри зварювальних джерел нагрівання, доцільно застосовувати метод джерел тепла із необхідними крайовими умовами щодо початкового розподілу температур в тілі та умов теплообміну. Для обчислення теплових полів при зварюванні за методом джерел тепла застосовують схематизацію джерел нагрівання та тіл, що нагріваються, з певними обмеженнями щодо незалежності теплофізичних величин від температури. У типових розрахунках застосовують схеми тіл, нагріваються, такі як напівобмежене тіло, пластина та плоский шар.

У практиці розрахунків поширення теплоти при зварюванні для прийняття рішення щодо визначення необхідної схеми зварюваного тіла використовують співвідношення глибини провару  $h$  та товщини тіла  $\delta$ . Так схему точкового джерела на поверхні масивних тіл приймають при  $h/\delta < 1/10$ , схему точкового джерела на поверхні пластин при  $h/\delta < 1/10 \dots 2/3$ , схеми лінійних джерел в пластинах при  $h/\delta > 2/3$ , [1].

Схема рухомого точкового джерела на поверхні напівобмеженого тіла з адіабатичною границею використовується для випадку дугового наплавлення на масивні деталі. Температурне поле при цьому описують залежністю:

$$T = T_c + \frac{q}{2\pi \cdot \lambda \cdot \sqrt{x^2 + y^2}} e^{-\frac{V}{2a}(\sqrt{x^2 + y^2} + x)},$$

де  $q$  – ефективна теплова потужність джерела, Вт;  $\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності, Вт / м·К;  $V$  – швидкість переміщення джерела нагрівання, м/с;  $a$  – коефіцієнт температуропровідності, м<sup>2</sup>/с;  $x$  – абсциса точки в рухомій системі координат,  $y$  – ордината точки в рухомій системі координат;  $T$ ,  $T_c$  – температура на поверхні тіла та температура середовища.

Схема рухомого лінійного джерела тепла з тепловіддачею застосовується у випадку малопотужного зварювання тонких пластин з повним проплавленням за один прохід. Температурне поле при цьому описують залежністю із застосуванням функції Бесселя:

$$T = T_c + \frac{q}{2\pi \lambda \delta} \exp\left(-\frac{Vx}{2a}\right) K_0\left(r \sqrt{\frac{V^2}{4a^2} + \frac{b}{a}}\right),$$

де  $T$  – температура в точці з координатами  $x, r = \sqrt{x^2 + y^2}$ ;  $x, y$  – відповідно абсциса й ордината точки в декартовій системі координат, центр якої збігається з джерелом зварювального нагріву, м;  $\delta$  – товщина пластини, м;  $K_0$  – функція Бесселя II-ого роду

нульового порядку та її аргумент  $r \sqrt{\frac{V^2}{4a^2} + \frac{b}{a}}$ ;  $b = \frac{2\alpha}{2\gamma\delta}$  – коефіцієнт температуровіддачі, що

Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів  
 «АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ» – Тернопіль 24-25 листопада 2021 року  
 враховує тепловіддачу з поверхонь пластини в навколишнє середовище,  $c^{-1}$ ;  $\alpha$  –  
 коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $c\gamma$  – об'ємна теплоємність, Дж/(м<sup>3</sup>·К).

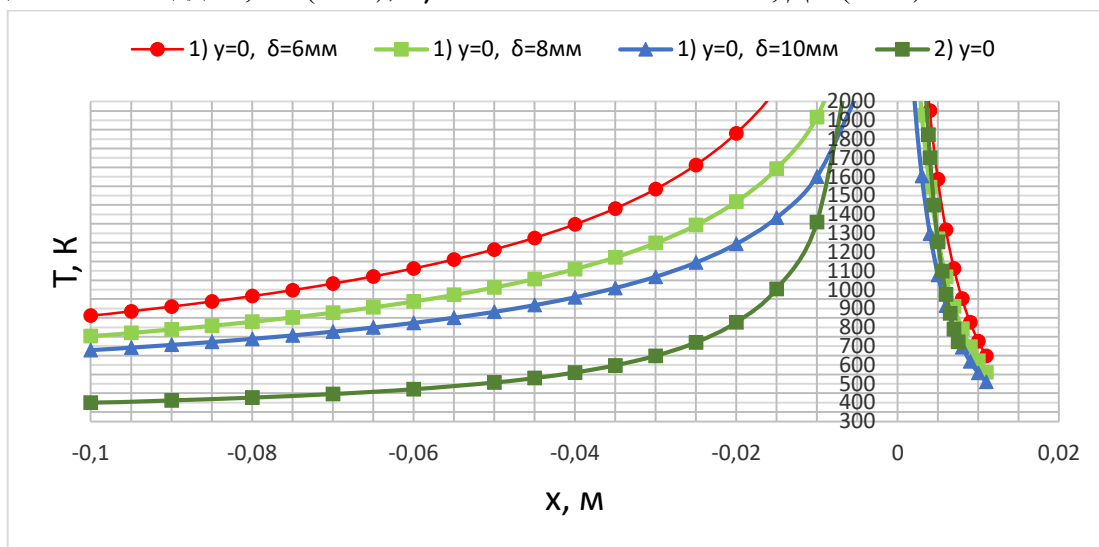


Рис.1. Розподіл температур вздовж осі шва

З метою оцінки похибок при розрахунках поширення теплоти в зварюваних деталях типу пластини з різною товщиною було проведено порівняльні розрахунки розповсюдження тепла на поверхні тіла вздовж осі шва  $x$  (за напрямом швидкості зварювання) для однакових режимів малопотужного зварювання, рисунок 1. Розрахунки проведено за схемою рухомого лінійного джерела тепла, лінії 1, для різних товщин  $\delta = 6; 8; 10$  мм та за схемою рухомого точкового джерела на поверхні напівобмеженого тіла, лінії 2 (товщина не враховується при розрахунку). Приведені розрахунки показують значні похибки розрахунку теплових полів при неправильному виборі схеми зварюваного тіла.

#### Література:

1. Коперсак В.М. Теорія процесів зварювання [Текст]: Текст лекцій (в двох частинах). 4-е вид., випр. і доп. К.: НТУУ «КПІ». 228 с.



**СЕКЦІЯ: НОВІ МАТЕРІАЛИ, МІЦНІСТЬ І ДОВГОВІЧНІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ  
КОНСТРУКЦІЙ**

**УДК 669.018.25**

**М.М. Василик, В.О. Яцюк, В.В. Лазарюк, к.т.н., доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**КІНЕТИЧНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ УЩІЛЬНЕННЯ ТВЕРДИХ СПЛАВІВ НА ОСНОВІ  
КАРБІДІВ ТИТАНУ ТА НІОБІЮ**

**M.M. Vasylyk, V.O. Yatsyuk, V.V. Lazaryuk, Ph.D., Assoc. Prof.**

**DENSIFICATION KINETICS OF HARD ALLOYS BASED ON TITANIUM AND  
NIOBIUM CARBIDES**

Пошук тугоплавкої основи для твердих сплавів, залишається актуальною задачею через високу вартість карбіду вольфраму. Тверді сплави на основі карбіду титану використовуються для різального та фрикційного інструменту, які витримують зміну швидкості різання в більш широкому інтервалі у порівнянні із сплавами на основі карбіду вольфраму. На даний час значно розширено область застосування сплавів на основі карбіду титану для виготовлення фрикційних інструментів зварювання тертям та як жаростійкі елементи у паливних комірках, [1-3].

Однією із основних операцій технологічного процесу отримання виробів із твердих сплавів на основі карбіду титану є спікання у вакуумі. Під час спікання в матеріалі утворюється деяка кількість рідкої фази, завдяки якій він суттєво ущільнюється. Пошук способів активування процесу спікання та управління процесом структуроутворення є важливою технологічною задачею для отримання матеріалів з високими експлуатаційними властивостями. Найбільш ефективними методами впливу на структуроутворення, що направлені на зменшення надлишкового росту зерен, явищ коалесценції карбідних зерен є легування тугоплавкої основи та металеві зв'язки.

З метою вивчення процесів ущільнення та структуроутворення твердих сплавів на основі карбіду титану з нікель-хромовою зв'язкою з легуючою добавкою карбіду ніобію, було досліджено кінетичні закономірності ущільнення зразків сплавів при спіканні в залежності від часу та температури.

Згідно існуючих класичних уявлень у спіканні твердих сплавів приймають участь три послідовних процеси ущільнення, що змінюються: 1) процес перегрупування частинок в результаті в'язкої плинності розплаву металів зв'язки; 2) перекристалізація тугоплавкої фази через металевий розплав, відомий як процес розчинення - осадження; 3) спікання тугоплавкої фази з утворенням жорсткого карбідного каркасу ("скелету").

Процес ущільнення зразків сплавів (Ti, Nb)C-Ni-Cr описано степеневими та експоненціальними залежностями, що дозволило не лише уточнити кінетичні параметри ущільнення, але і визначити енергію активації процесу ущільнення.

Встановлено, що процес ущільнення сплавів на основі складного карбіду титану та ніобію та нікель-хромової зв'язки проходить за стадіями перегрупування частинок та розчинення-осадження. Процес спікання активується при температурах вищих 1300 °C на стадії перекристалізації тугоплавкої фази через розплав металів зв'язки. Активація процесу спікання може бути пояснена тим, що карбід ніобію краще змочується нікелевим розплавом, на відміну від карбіду титану. Даний процес сприяє також однорідному розподілу металеві зв'язки між карбідними зернами.

Дослідження процесу ущільнення сплавів добре узгоджуються з результатами металографічної оцінки видимої пористості сплавів, [3]. Температурний інтервал спікання, у якому пористість найменша, становить 1400-1450 °C при тривалості ізотермічної витримки 40-60 хв.

Проведеним аналізом процесу ущільнення (Ti, Nb)C-Ni-Cr сплавів уточнено методику визначення оптимальних режимів виготовлення сплавів на основі карбіду титану та дано практичні рекомендації щодо технології спікання металокерамічних композитів.

**Література:**

1. Лазарюк В. В. Застосування металокерамічних твердих сплавів для високотемпературних твердооксидних паливних комірок / Валерій Лазарюк // Матеріали всеукраїнської наукової конференції „Актуальні проблеми теоретичної, експериментальної та прикладної фізики“, 20-22 вересня 2012 року — Т.: ТНТУ, 2012 — С. 183-184.

2. Лазарюк В. Перспективи застосування керметів на основі карбіду титану для інструментів зварювання тертям з перемішуванням / В. Лазарюк // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції „Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій“ до 60-річчя з дня заснування Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя та 175-річчя з дня народження Івана Пулюя, 14-15 травня 2020 року. — Т.: ТНТУ, 2020. — С. 29–30.

3. Розробка та дослідження жаростійких безвольфрамових твердих сплавів (Ti, Nb)C-Ni-Cr-Al [Текст]: дис. канд. техн. наук: 05.16.06 / Лазарюк Валерій Володимирович ; Тернопільський держ. технічний ун-т ім. Івана Пулюя. - Т., 2004. - 174 арк.

УДК 539.3

Св.Св. Гомон<sup>1</sup>, д.т.н., проф., Т.О. Довбенко<sup>1</sup> к.т.н., доц., С.М. Савчук<sup>1</sup>, магістрант, О.В. Верешко<sup>2</sup>, ст. викл.

<sup>1</sup>Національний університет водного господарства та природокористування, Україна

<sup>2</sup>Луцький національний технічний університет, Україна

## РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ДЕРЕВИНИ БЕРЕЗИ ПІД ВПЛИВОМ АГРЕСИВНОГО СЕРЕДОВИЩА

S. S. Homon, Dr., Prof., T.O. Dovbenko, Ph.D., Assoc. Prof., S.M. Savchuk, student, O.V. Vereshko, senior lecturer

### RESEARCH OF BIRCH WOOD UNDER THE INFLUENCE OF AN AGGRESSIVE ENVIRONMENT

Дослідження проводилися на зразках у вигляді призм перерізом 30х30х120 мм 1 сорту суцільної деревини берези віком приблизно 60 років на стиск уздовж волокон за короткочасного навантаження. Виготовлення зразків проводили згідно діючих стандартів [1].

Деревина, яка піддавалась випробуванню перед просочуванням різними рідинами мала стандартну вологість 12%. Заготовки деревини висушували у спеціальних сушильних камерах до даної вологості. Вологість деревини контролювалась за допомогою вологоміра MD-814. Зразки випилювали із заздалегідь заготовлених довгих брусків. Просочення дослідних зразків проводили наступними кислотами: соляною (15%), молочною (40%), оцтовою (9%). Деревину просочували природним шляхом без додаткової стимуляції відповідно на протязі 7, 14 та 30 днів.

Проникнення рідин в товщу зразків виконували в посудині в горизонтальному положенні при повному зануренні в різні розчини. При цьому забезпечувався доступ кожного розчину до всіх сторін призм.

Об'єм експериментальних досліджень та маркування зразків наведено в [2]. Кількість випробуваних призм склала 39 шт.

За результатами проведеного експерименту було встановлено усереднену граничну міцність досліджуваних порід деревини осьовим стиском уздовж волокон. Зокрема, максимальні напруження непросоченої деревини берези за стандартної вологості 12% склали 47,6 МПа; просоченої соляною кислотою на протязі 7 днів – 40,1 МПа, 14 – 34,8 МПа, 30 – 27,6 МПа; оцтовою 7 днів – 45,2 МПа, 14 – 40,8 МПа, 30 – 38,1 МПа; молочною 7 днів – 43,8 МПа, 14 – 37,0 МПа, 30 – 31,9 МПа.

Аналізуючи результати експериментальних досліджень за усередненими значеннями приходимо до висновку, що вплив агресивного середовища значно зменшує міцнісні показники деревини берези. Зокрема внаслідок впливу соляної кислоти (15%) за 30 днів гранична міцність (максимальні напруження) призм зменшується на 42,0% в порівнянні з міцністю зразків за стандартної вологості; оцтової – на 19,9%; молочної – на 32,7%.

#### Література:

1. ДСТУ 3129:2015. Деревина. Методи відбору зразків і загальні вимоги до фізико-механічних випробувань невеликих бездефектних зразків. Київ: Мінрегіон України, 2016. 9 с.
2. Гомон Св.Св., Савчук С.М., Верешко О.В., Кулаковський Л.Я. Методика експериментальних досліджень суцільної деревини на стиск уздовж волокон під впливом агресивного середовища. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Рівне: НУВГП, 2021. Вип. 39. С. 57–62.

УДК 69.624.07

В.Б. Каспрук, к.т.н., доц, І.М. Загурський

Тернопільський національний технічний університет ім.І.Пулюя Україна

## ОЦІНКА ВОГНЕСТІЙКОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

V.Kaspruk, Ph.D., Assoc.Prof., I.Zahurskyj

### ESTIMATION OF FIRE-RESISTANCE OF BUILDING CONSTRUCTIONS

Ступінь вогнестійкості будинку визначається межами вогнестійкості будівельної конструкції та межами поширення вогню цими конструкціями. Тому значення межі вогнестійкості будівельної конструкції, з якої складається будинок, має великий вплив на його будівельне рішення і параметри будівлі в цілому. Оскільки бетон є композиційним матеріалом то його властивості при нагріванні залежать від прояву властивостей наповнювача.

Як впливає з експериментальних даних [1], пошарове руйнування бетону пов'язане з втратою ним вологи. Вода присутня в бетонному шарі як в хімічно зв'язаному стані так і у стані фізичної вологи, яка знаходиться в порах матеріалу. При нагріванні з поверхні бетону спочатку починає випаровуватись фізична волога. На протязі часу нагрівання межа випаровування переміщується в товщу бетону залишаючи суху ділянку через яку випаровується волога.

Для підвищення стійкості бетону до утворення тріщин необхідно підбирати склад бетону з мінімальною різницею температурних деформацій наповнювача великих форм та розчинної частини. Термічна стійкість бетону лінійно залежить від коефіцієнта термічного розширення і він лежить в межах  $(4 - 11) \cdot 10^{-6}$ .

Тиск який виникає в порах бетону досягає 3МПа і є однією з головних причин руйнування бетону. Пошарове руйнування бетону може проходити в наслідок розтягуючих напружень, які виникають під дією тиску пари фізичної вологи в порах а також в результаті мікро тріщин після втрати зв'язаної води. На руйнування бетону також може впливати і термічне напруження а також різниця коефіцієнта температурного розширення різних складників бетону.

В результаті високотемпературного нагріву проходить усадження цементного каменю та розширення наповнювача. Напруження які виникають в результаті цього явища руйнують щеплення та нормальну взаємодію цементного каменю з наповнювачем.

Балки та балочні плити втрачають несучу здатність при нагріванні в результаті руйнування опорних прогонових перетинів. При цьому руйнується перетин в прольоті і зменшується міцність нижньої поздовжньої арматури а опорний переріз в наслідок втрати міцності бетону в нижній стислій зоні, прогривається до високих температур. Поперечний переріз впливає на швидкість прогріву зони балки. Тому вогнестійкість статично невизначених балкових плит залежить від їх товщини, а балок - від ширини і висоти перерізу. При великих розмірах поперечного перерізу межа вогнестійкості конструкцій значно вище, статично визначених (однопрогонові вільно оперті балки і плити), і в ряді випадків (у товстих балкових плит, у балок, що мають верхню опорну арматуру) практично не залежить від товщини захисного шару у поздовжньої нижньої арматури.

Враховуючи значну кількість факторів поведінки залізобетонних конструкцій в умовах впливу високої температури, застосування розрахункових методів для визначення їх вогнестійкості має суттєві обмеження. Так, згідно з [2] такі методи не можуть бути застосовані для оцінки межі вогнестійкості конструкцій, у яких одним із основних граничних станів є втрата цілісності конструкції.

#### Література:

1. Consolazio, G.R., International Workshop on Fire Performance of HighStrength Concrete / G.R. Consolazio, M.C. Mc Vay, J.W. Rish. – Gaithersburg, 1997. –125 p.
2. ДБН В. 1.1-7-2002 «Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва»

УДК 621.77

Я.О. Ковальчук, к.т.н., доц., Н.Я. Шингера, к.т.н., доц., Я.Л. Швед

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕДІНКИ ДВОСХИЛЬНОЇ СИМЕТРИЧНОЇ ЗВАРНОЇ ФЕРМИ ПРИ ДІЇ ЦИКЛІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

Ya. Kovalchuk, Ph.D, Assoc. Prof, N. Shynhera, Ph.D, Assoc. Prof, Ya. Shved

### BEHAVIOR SIMULATION OF A TWO-SLOPED SYMMETRIC WELDED TRUSS UNDER CYCLIC LOADS

Актуальність теми зумовлена тим, що за умов номінальних циклічних навантажень впродовж експлуатації зварної ферми відбуваються пошкодження суцільності конструкції при дії багатьох конструктивних, технологічних чи експлуатаційних чинників. Це спричиняє поступову деградацію конструкції і виведення її з експлуатації. Метою роботи є визначення залишкового ресурсу двосхильної симетричної ферми при дії циклічних навантажень. Потрібно встановити місця початкових зароджень втомних тріщин та інтенсивність їх поширення. Провести визначення довжин тріщин на рівні граничного стану ферми та час до виведення конструкції з експлуатації.

Для досягнення цієї мети дослідження виконано методом комп'ютерного моделюючого експерименту в середовищі SolidWorks, який дозволяє побудувати точну модель конструкції та використовуючи додаток SolidWorks Simulation застосувати метод скінченних елементів для визначення експлуатаційних параметрів які виникають у зварній фермі за вказаних умов експлуатації. (рис. 1).

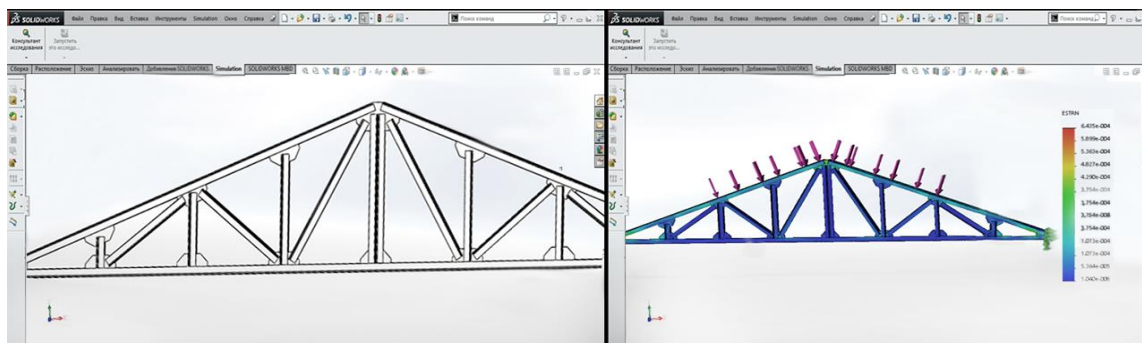


Рис. 1– Методика моделювання поведінки ферми в додатку SolidWorks Simulation

Для реалізації комп'ютерного моделюючого експерименту в додатку SolidWorks Simulation створено графічну модель досліджуваної ферми, задано властивості матеріалів, контактні поверхні, параметри зварних швів, навантаження, створено скінчено-елементну сітку. Після проведення симуляції отримано результати досліджень які дозволили виявити місце зародження першої втомної тріщини, визначити кількість циклів до моменту появи тріщини та настання граничного стану зварної ферми.

Отримані результати можуть бути використані для визначення граничного експлуатаційного ресурсу двосхильної симетричної зварної ферми, при експлуатації за умов циклічних навантажень.

#### Література:

1. Ясній П. В. Верифікація результатів моделювання напружено-деформованого стану зварної ферми / Ясній П. В., Ковальчук Я. О., Шингера Н. Я., Рибачок О. І. // Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій [Текст]: Зб. наук. статей / За заг. ред. Лучка Й.Й. – Львів: Каменяр, 2014. – Вип. 10. – С. 461 – 471.

УДК 624.012.25

О.П. Конончук, канд. техн. наук, доцент, Б.В. Гаврилюк, М.Л. Дячук,

О.Я. Прокопенко

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ МОНОЛІТНОГО ЗАЛІЗОБЕТОННОГО КАРКАСУ БУДІВЛІ МСЕ

**A.P. Kononchuk, Ph.D., Assoc. Prof., B.V. Havrylyuk, M.L. Dyachuk, O.Y. Prokopenko**  
**INVESTIGATION OF THE STRESS-DEFORMED STATE OF THE MONOLITHIC  
REINFORCED CONCRETE FRAME OF THE BUILDING FEM**

Останнім часом в країні збільшується зведення будівель громадського призначення, таких як торгові центри. При цьому актуальним є вирішення питання їх архітектурної виразності та нестандартності планувальних і конструктивних рішень, що в перспективні подальшої експлуатації викличе підвищену цікавість до них потенційних клієнтів. Однією з таких споруд є торгівельно-офісна будівля, монолітний залізобетонний каркас якої необхідно запроектувати із забезпеченням вільного планування робочого простору та економічності і надійності конструкції. При проектуванні даної будівлі застосовано сучасні програмні комплекси, а покриття будівлі виконано просторовим, що додає їх архітектурної привабливості.

Метою даної роботи є дослідження скінченноелементним моделюванням напружено-деформованого стану монолітного залізобетонного каркасу торгово-офісної будівлі та розробка конструктивних рішень основних несучих елементів.

Побудову скінченноелементної моделі монолітного залізобетонного каркасу торгово-офісної будівлі виконували за допомогою ПК Мономах. Для розрахунку обрана ліва секція будівлі (частина будівлі в осях 1-6).

Власна вага конструкцій, що моделюються у ПК Мономах враховується на основі вже наявних і додатково заданих характеристик. Додатково вводилися характеристики прийнятих газоблоків і сендвіч панелей. Моделювались усі конструкції будівлі окрім фасадної системи і сходів, навантаження від яких задаються як погонні. Навантаження від роботи та обслуговування ліфта задаються зосередженими силами згідно завдання виробника. Результатами розрахунку каркасу є файли, які експортуються в конструюючі підпрограми ПК Мономах. Надалі ці файли використовувалися для розрахунку колони, плити перекриття, балки та фундаментів. Також в результаті розрахунку отримано дані про поведінку споруди (див. рис. 1).

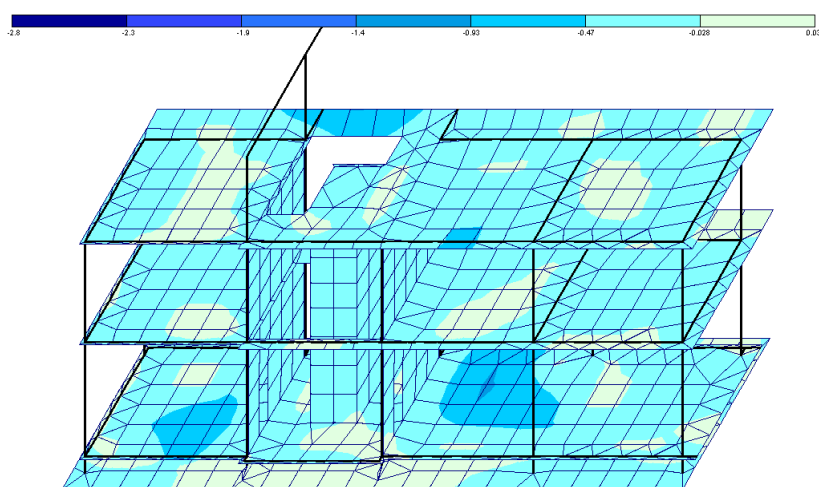


Рисунок 1 – Ізополя вертикальних переміщень від постійного навантаження

На рис. 2 та 3 наведено результати розрахунку перекриття другого поверху. Модель плити перекриття після імпорту в програму Плита (ПК Мономах) особливих коригувань не потребує. Отримані ізополя армування по яких підібрано армування див. рис. 2 та рис. 3.

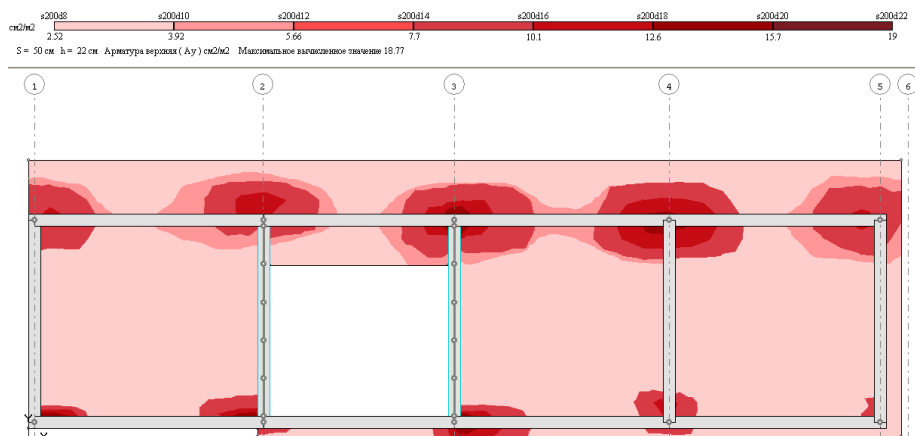


Рисунок 2 – Ізополя верхньої сітки арматури,  $\text{см}^2/\text{м}^2$

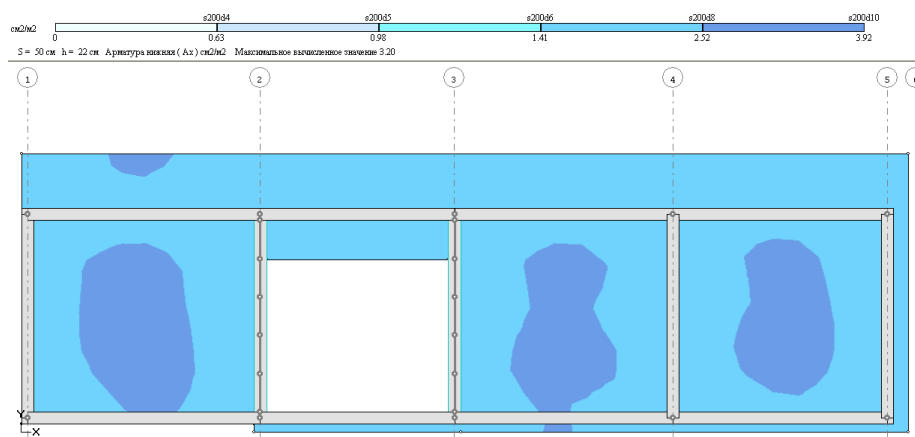


Рисунок 3 – Ізополя нижньої сітки арматури,  $\text{см}^2/\text{м}^2$

Таким чином, розроблено скінченноелементну модель монолітного залізобетонного каркасу торгово-офісної будівлі та досліджено її напружено-деформований стан при дії різного виду навантажень. На підставі отриманих даних, розроблено конструктивні рішення основних несучих елементів монолітного залізобетонного каркасу.

#### Література:

1. ДБН В.1.2-2:2006 Навантаження і впливи. Норми проектування. – К.: Мінбуд України, 2006. – 72 с.
2. Дослідження залізобетонних конструкцій методом скінченних елементів / Конончук О.П., Пиндус Ю.І., Вільк М.Л., Павлюк О.В. // Збірник тез доповідей VIII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», 27-28 листопада 2019 року — Т. : ТНТУ, 2019 — Том I. — С. 27. — (Нові матеріали, міцність і довговічність елементів конструкцій).
3. Kononchuk O., Skyba O.: Computer software system as a tool for simulating the building constructions operation. Monografia. Projekt interdyscyplinary projektem XXI wieku. Wydawnictwo Naukowe Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej. – 2017. – Tom 1. – pp. 155 – 162.



УДК 624.012.25

О.П. Конончук, канд. техн. наук, доцент, Н.Б. Дідик, М.В. Кейса, О.О. Копач

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РІЗНИХ ВИДІВ НАВАНТАЖЕННЯ НА РОБОТУ КАРКАСУ БУДІВЛІ МЕТОДОМ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ

A.P. Kononchuk, Ph.D., Assoc. Prof., N.B. Didyk, M.V. Keysa, O.O. Kopach

### STUDY OF THE INFLUENCE OF DIFFERENT TYPES OF LOADS ON THE WORK OF THE BUILDING FRAMEWORK BY THE FINISHED ELEMENT METHOD

При проектуванні будівель багаторівневих парковок особливої уваги потребує вивчення питання впливу різного роду навантажень, що діють на її каркас, особливо це стосується вітрового навантаження. Навантаження такого роду створюють в будівлях особливий вид деформування каркасу, що не притаманний жодним іншим і це питання потребує додаткового вивчення.

Метою даної роботи є дослідження методом скінчених елементів впливу різних видів навантаження на роботу монолітного залізобетонного каркасу будівлі критої багатоповерхової автостоянки.

Розрахунок конструкцій та моделювання роботи каркасу будівлі виконували за допомогою програмного комплексу «Мономах 4.2». Діючі навантаження були визначені за допомогою програмного комплексу «SCAD».

У залежності від тривалості, дії навантаження поділяються на постійні і тимчасові. Постійні навантаження діють на конструкції протягом всього терміну їх експлуатації. Постійними є навантаження від ваги несучих та огорожуючих конструкцій будівлі, маси і тиску ґрунтів. Тимчасові навантаження за тривалістю дії поділяють на тривалі, короточасні і особливі. Тривалі включають в себе навантаження від ваги устаткування, корисні навантаження на перекриття і т. д. Короточасні навантаження - навантаження від ваги людей, меблів, вітрові, снігові, а також навантаження, що виникають при виготовленні, транспортуванні та монтажі конструкцій. До особливих навантажень відносять сейсмічні та вибухові впливи [1].

Розрахункові зусилля, що виникають в несучих елементах під дією навантажень, що були прикладені до каркасу будівлі, визначені за допомогою програмного комплексу «Мономах 4.2» методом кінцевих елементів. Результати представлені у вигляді переміщень ізополів (див. рис. 1, 2, 3).

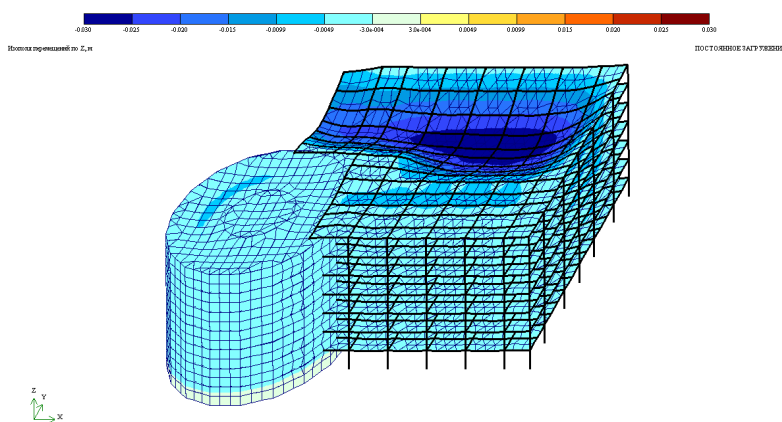


Рисунок 1 – Ізополя переміщення по деформованій схемі по осі У під дією постійних навантажень



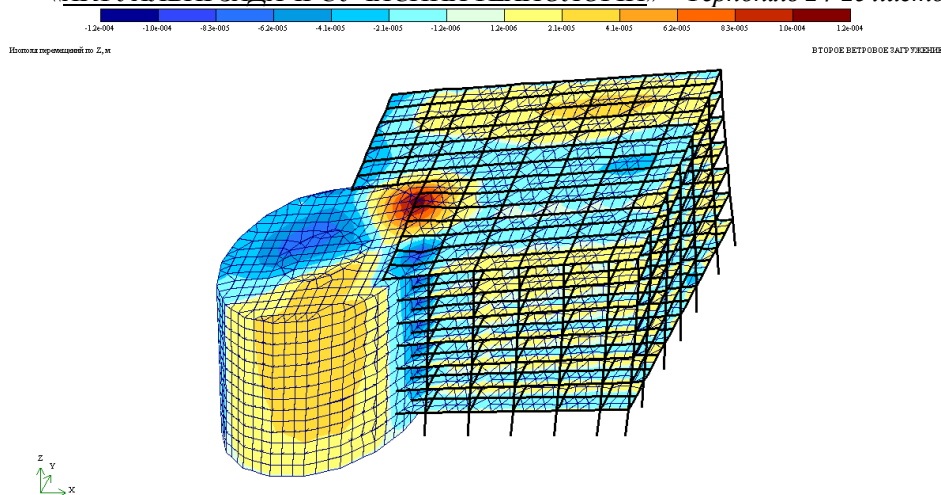


Рисунок 2 – Ізополю переміщення по деформованій схемі по осі Z під дією вітрових навантажень

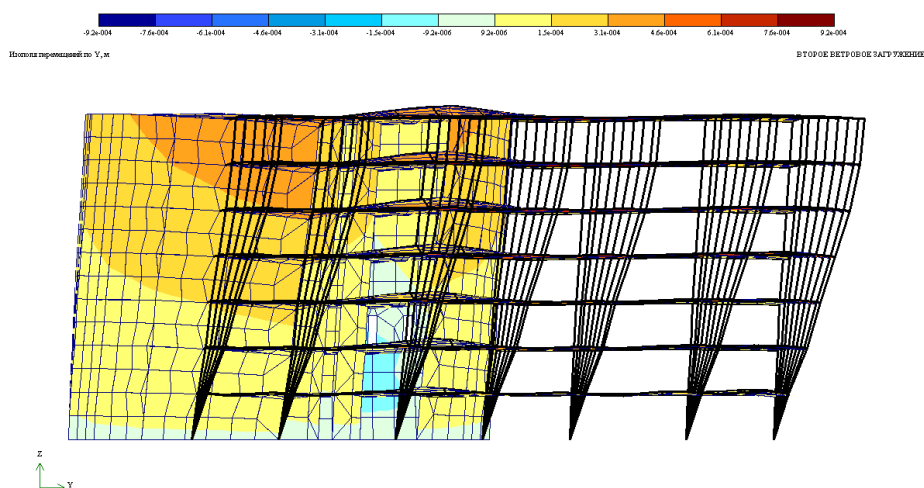


Рисунок 3 – Ізополю переміщення по деформованій схемі по осі Y під дією вітрових навантажень

В роботі проведено скінченноелементне моделювання поведінки монолітного залізобетонного каркасу будівлі багатоповерхової критої автостоянки в місті Києві із врахуванням різних видів навантаження, визначено найбільш несприятливі комбінації цих навантажень та характерні місця їх прикладання. На основі аналізу отриманих даних, побудовано деформативні схеми, ізополю переміщень та ізополю деформацій монолітного залізобетонного каркасу будівлі та визначено розрахункові зусилля для проектування основних несучих конструкцій каркасу.

#### Література:

1. ДБН В.1.2-2:2006 Навантаження і впливи. Норми проектування. – К.: Мінбуд України, 2006. – 72 с.
2. Дослідження залізобетонних конструкцій методом скінченних елементів / Конончук О.П., Пиндус Ю.І., Вільк М.Л., Павлюк О.В. // Збірник тез доповідей VIII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», 27-28 листопада 2019 року — Т. : ТНТУ, 2019 — Том I. — С. 27. — (Нові матеріали, міцність і довговічність елементів конструкцій).

УДК 539.375

В.А. Кривень, докт. фіз.-мат. наук, проф., Л.І. Цимбалюк, канд. фіз.-мат. наук, доц.,

В.Б. Валяшек, канд. фіз.-мат. наук, доц.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### ПЛАСТИЧНЕ ВІДШАРОВУВАННЯ ВКЛЮЧЕННЯ З ОДНОБІЧНИМ КОНТАКТОМ НА ПОЧАТКОВІЙ СТАДІЇ

V.A. Kryven, Dr., Prof., L.I. Tymbaliuk, Ph.D, Assoc. Prof., V.B. Valiashek, Ph.D, Assoc. Prof.

#### PLASTIK PEELING OF THE INCLUSION WITH ONE-WAY CONTACT IN THE INITIAL STAGE

Аналізуючи напружено-деформівний стан (НДС) тіла, слід брати до уваги наявність у ньому концентраторів напружень. У тілах з включеннями варто ураховувати стан адгезійного зв'язку на межі включення – середовище.

Дослідимо деформування пружно-пластичного тіла з жорстким тонким включенням, що перебуває у однобічному контакті з середовищем в умовах поздовжнього зсуву. Проаналізуємо початкову стадію деформування, за якої розміри зони пластичних деформацій набагато менші за розміри включення. Розглянемо включення, яке у поперечному перерізі необмеженого тіла займає піввісь  $x = 0; -\infty < y < 0$ . Ліва сторона включення  $x = -0; -\infty < y < 0$  з тілом не контактує, а права  $x = +0; -\infty < y < 0$  перебуває у ідеальному з ним механічному контакті. Деформування спричинено зсувним напруженням  $\tau_{zy}$ , прикладеним на нескінченності. У такій ситуації поле пружних напружень буде сингулярним у вершині включення (точці  $x = 0; y = 0$ ), для визначення якого отримуємо крайову задачу у напруженнях:  $\tau_{xz}(-0, y) = 0, -\infty < y < 0$ . Відомо, що функція  $\tau_{yz}(x, y) + i\tau_{xz}(x, y)$  у задачах про антиплоску деформацію є аналітичною функцією комплексної змінної  $\zeta = x + iy: \tau_{yz}(x, y) + i\tau_{xz}(x, y)$ .

У цьому випадку вона така:  $\tau^{(e)}(\zeta) = C \frac{\exp(i\pi/8)}{\sqrt[4]{\zeta}}$ ,  $C$  - дійсне додатне.

Згідно з цією моделлю НДС необмежений у вершині включення за будь якого навантаження. Тому, за такої постановки задачі, в околі вершини включення завжди досягатиметься пластичний стан. Проаналізуємо пружно-пластичний НДС у припущенні, що пластичні деформації локалізовані на межі включення-середовище у деякому шарі  $x = +0, 0 \leq -y \leq d$ , де  $d$  - залежна від величини навантаження довжина міжфазного пластичного шару. Крайова задача для функції  $\tau(\zeta)$  виглядатиме тепер так:

$$\tau_{xz}(-0, y) = 0, -\infty < y < 0; \tau_{xz}^2(+0, y) + \tau_{yz}^2(+0, y) = k^2, 0 \leq -y \leq d;$$

$$\tau_{xz}(+0, y) = 0, -\infty < y \leq -d,$$

де  $k$  – зсувна границя текучості

Її розв'язання можна звести до задачі про конформне відображення

$$\tau = k \frac{\sqrt[4]{d}}{\sqrt{\sqrt{i\zeta} - \sqrt{d}} + \sqrt[4]{i\zeta}} = k \frac{\sqrt[4]{d}}{2\sqrt[4]{i\zeta}} + o(\zeta^{-1/4}) \text{ при } \zeta \rightarrow \infty$$

Пружне і пружно-пластичні поля асимптотично рівні на нескінченності, коли  $C = \frac{k\sqrt[4]{d}}{2}$ .

УДК 624.014.2

І.М. Підгурський к.т.н., О.М. Підлужний, В.Р. Мисько, В.І. Поліщук,  
В.І. Ясинський

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМІВНОГО СТАНУ ЦИКЛІЧНО НАВАНТАЖУВАНИХ КОНСТРУКЦІЙ

I.M. Pidgurskyi Ph.d, O. M. Pidluzhnyi, V.R. Mysko, V.I. Polishchuk, V.I. Yasynskyi  
METHODS OF RESEARCH OF STRESS-STRAIN STATE OF CYCLICALLY LOADED STRUCTURES

Одним з шляхів підвищення ефективності балкових та рамних конструкцій є застосування полегшених балок – перфорованих, з гнучкою стінкою, гофрованих. Зокрема перфоровані балки утворюються шляхом розрізання стінки ламаною лінією та подальшим зварюванням встик частин двотаврів по виступах розрізаної стінки. Двотаври з перфорованою стінкою забезпечують 20-30% економії металу у порівнянні з прокатними двотаврами і дешевші за них на 10-18% [1].

Перфоровані двотаври застосовуються як балки перекриття і покриття, кран-балки. При незначному підсиленні можуть застосовуватись як підкранові балки під опорні мостові крани вантажопідйомністю до 150-200 кН [2]. Вказані конструкції працюють при циклічних навантаженнях, що можуть спричинити появу втомних тріщин в зонах вирізів.

У зв'язку з цим розроблена методика досліджень напружено-деформівного стану перфорованих балок, основана на МСЕ. Досліджувалась балка прольотом 12 м, що навантажена зосередженою силою 100 кН посередині прольоту, виготовлена зі сталі 09Г2С (рис. 1, а).

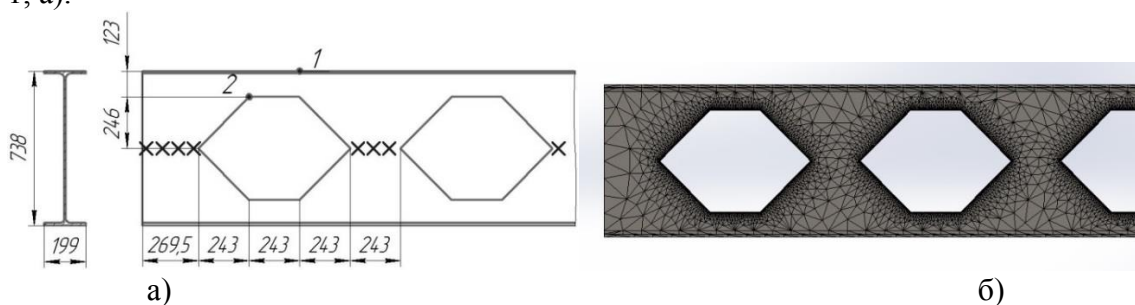


Рисунок 1. Моделювання перфорованої балки МСЕ: а) ділянка з вирізами; б) скінчено-елементна модель.

Моделювання проводилось у програмному комплексі SolidWorks. Особливістю моделювання є згущення сітки в зонах вирізів (рис. 1, б). Моделювались вирізи без заокруглення та з заокругленнями  $r = 0,02$  висоти перфорованої балки. Отримані значення коефіцієнтів концентрації напружень необхідні для оцінки втомної міцності перфорованих кран-балок.

### Література:

1. Металеві конструкції: Підручник / Нілов О.О., Пермьяков В.О., Шимановський О.В., Білик С.І., Лаврінєнко Л.І., Белов І.Д., Володимирський В.О. – К.: Видавництво «Сталь», 2010. – 869 с.
2. Методические указания по выполнению курсовой работы по курсу «Металлические конструкции. Специальный курс» – «Промышленное и гражданское строительство» / М.А.Дымолазов, О.И.Ефимов, Казань: КГАСУ, 2012. – 22 с.

УДК 624.151

**І.М. Підгурський к.т.н., Р.В. Чоп, Н.В. Бойчук**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ ФУНДАМЕНТІВ ДЛЯ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД ЕЛЕВАТОРНОГО КОМПЛЕКСУ**

**I.M. Pidgurskyi Ph.d, R.V. Chop, N.V. Boichuk**

### **COMPARATIVE ANALYSIS OF DESIGN SOLUTIONS OF FOUNDATIONS FOR BUILDINGS AND STRUCTURES OF THE ELEVATOR COMPLEX**

Валовий збір врожаю зернових за роки незалежності України зріс у більше, ніж два рази (досяг відмітки у 75,1 млн. тонн у 2019 році), при тому, що внутрішнє споживання суттєво зменшилося. Вже сьогодні експорт зерна сягає позначки майже 54 млн. тонн. У зв'язку з цим головним завданням стає розбудова відповідної інфраструктури для ефективного зберігання та оперативного відвантаження зерна. Основною ланкою зернової логістики є сучасні елеватори. Стрімке зростання елеваторних потужностей в Україні почалось з 2010 року.

Елеваторний комплекс для сушіння, очищення і зберігання сільськогосподарських культур складається зі станції автомобільного вивантаження зерна, блоку його очищення, зерносушарки, хоперів вологого та сухого зберігання зерна, силосів для тривалого зберігання зерна, підземних та надземних галерей.

Основними спорудами елеватора є силоси – міскості для зберігання зерна. Силос – це залізобетонна башта висотою 30-50 м з круглим або квадратним перерізом або сталевий циліндр висотою до 30 м і діаметром до 20 м. Порівняння та вибір альтернативних варіантів елеваторних споруд представлено у роботі [1].

Зазначимо, що кожна зі споруд має фундаменти, які мають свої проектні рішення. При цьому особливості проектування основ і фундаментів для металевих силосів недостатньо відображені в чинних нормативних документах [2]. На відміну від залізобетонних, які за принципом роботи відрізняються від силосів з металевих конструкцій. Причинами аварій металевих силосів можуть бути невдалі проектні рішення, неправильна експлуатація, недоліки норм проектування [3].

Для циліндричних металевих силосів застосовують два типи фундаментів – суцільну круглу плиту та кільцевий фундамент. Такі фундаменти спільно з ґрунтовою основою сприймають циклічні навантаження та динамічні впливи від завантаження-розвантаження зерна у силосах. При заповненні зерном силосі з висотою 30 м осідання фундаменту під силосом може досягати 40 см та під сусідніми силосами може складати 5-6 см [4]. Таке експлуатаційне навантаження приводить до крену корпусів силосів, який залежить також від нерівномірного напластування ґрунтів в основах силосів. Фундаменти для інших споруд (зерносушарки, галереї) є різноманітними за проектними рішеннями. Таким чином, при розрахунках фундаментів необхідно враховувати роботу просторової системи “будівельна споруда – її фундамент – основа” та взаємний вплив цих споруд на поряд розташовані фундаменти та основи.

#### **Література:**

1. Чубик Л.П. Інвестування у зерносховища: порівняння та вибір альтернативних варіантів / Глобальні та нац. пробл. економіки, Т. 8, 2015. - С. 677-682.
2. Бутенко А. Уроки аварій сталевих силосів. Elevatorist веб-сайт. URL: <https://elevatorist.com/blog/read/323-uroki-avariy-stalnyih-silosov>.
3. ДБН В.2.1-10-2018 Основи і фундаменти будівель та споруд.
4. Дворник А.М та ін. Основи та фундаменти циліндричних силосів для зерна / Наука та будівництво. Т. 21, 2019. – С. 50-56.

УДК 667.64:678.026

П.Д. Стухляк, д.т.н., проф., В.О. Наумов, аспірант, Р.З. Золотий, к.т.н., доц.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАПОВНЕНИХ ЕПОКСИКОМОЗИТІВ

P.D. Stukhlyak, Dr., prof., V.O. Naumov, aspirant, R.Z. Zoloty, Ph.D., Assoc. Prof.

## INVESTIGATION OF MECHANICAL CHARACTERISTICS FOR FILLED EPOXYMOSITES

Основною перевагою більшості полімерних КМ є поєднання високих експлуатаційних характеристик, низької вартості та технологічності при формуванні у виробі. Основними напрямками захисту машин і механізмів є розробка нових матеріалів і покриттів, які забезпечують необхідний комплекс фізико-механічних властивостей, стійкість до спрацювання, а також можливість багаторазового відновлення робочих поверхонь. Виходячи з цього дослідження фізико-механічних властивостей КМ і покриттів на їх основі з використанням наповнювачів різних типів є актуальною задачею сучасного матеріалознавства. Аналіз отриманих результатів у подальшому дозволить оптимізувати технологічні режими формування епоксикомпозитів.

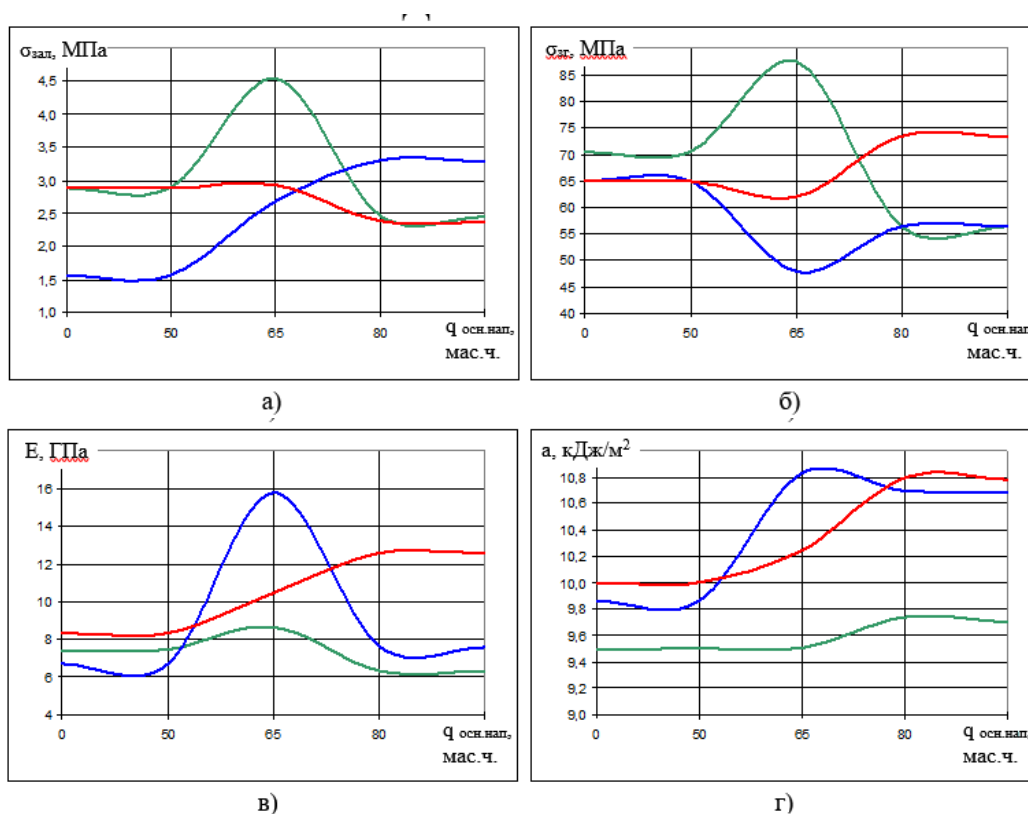


Рисунок 1. Фізико-механічні властивості КМ, наповнених карбідом кремнію та оксидом алюмінію: а) залишкові напруження; б) руйнівне напруження при згинанні; в) модуль пружності при згинанні; г) ударна в'язкість.

### Література:

1. Investigation of superhigh-frequency treatment influence on structuring of epoxy composites by infrared- and electron paramagnetic resonance spectroscopy analyses / Stukhlyak P.D., Holotenko O.S., Zoloty R.Z., Mykytyshyn, A.G. // Functional Materials this link is disabled, 2021, 28(2), с. 394–402.

УДК 621.34

М.І. Цепенюк, к.т.н., доц., В.В. Плюта

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДЕМПФУВАННЯ АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА НА ПЕРЕХІДНІ ПРОЦЕСИ В ПРИВІДНОМУ МЕХАНІЗМІ

M.I. Tsepeniuk, Ph.D., Assoc. Prof., V.V. Pliuta

### IMPACT RESEARCH OF DAMPING OF AN ASYNCHRONOUS ELECTRIC MOTOR ON TRANSITIONAL PROCESSES IN THE DRIVE MECHANISM

З кожним роком продуктивність праці в народному господарстві зростає, що пов'язано із збільшенням робочих швидкостей і зменшенням до мінімуму часу холостих ходів привідних механізмів, які забезпечують технологічні процеси виробництва. Крім того, привідні механізми в більшості випадків працюють в перехідних режимах, що викликає великі динамічні навантаження. Для приводу механізмів часто застосовуються асинхронні електродвигуни, так як вони прості за конструкцією і мають високі техніко-економічні показники. Тому дослідження перехідних процесів в механізмах з асинхронними двигунами є важливою технічною задачею, вирішення якої суттєво вплине на зростання продуктивності праці.

У даній роботі досліджено демпфування асинхронним двигуном механічних перехідних процесів в привідному механізмі. Для цього була створена математична модель електропровідного механізму, рівняння якої описують механічні і електромагнітні перехідні процеси. Рівняння асинхронного двигуна записані в нормальній формі Коші у фазних координатах з врахуванням насичення магнітопроводів.

Дослідження процесу розгону механізму показали, що електромагнітне демпфування механічних коливань змінюється в широких межах в залежності від параметрів системи. Важливою задачею є визначення таких параметрів системи, при яких має місце максимальне демпфування. Це дає можливість проектувати механізми з оптимальними динамічними характеристиками без встановлення додаткових поглинувачів коливань.

У результаті проведених досліджень встановлено, що електромагнітне демпфування визначається ступенем взаємозв'язку механічних і електромагнітних перехідних процесів і положенням робочої точки на статичній механічній характеристиці двигуна. При пуску електродвигуна положення робочої точки на статичній механічній характеристиці змінюється, тому змінюється його демпфуюча здатність в залежності від часу розгляду процесу. Сумарне розсіювання енергії в двигуні за весь період пуску залежить від того, скільки часу електродвигун працював на стійкій і нестійкій ділянках механічної характеристики. При частоті вільних пружних коливань меншій або рівній частоті електричної, електромагнітне демпфування в системі при невеликих значеннях моменту інерції механізму проявляється в значній мірі. Із збільшенням моменту інерції демпфування двигуном механічних коливань збільшується. Така закономірність зберігається до певного значення моменту інерції механізму. При великих його значеннях демпфуюча дія двигуна на пружні коливання незначна. Це пояснюється тим, що при запуску механізму з великим моментом інерції двигун довго працює на нестійкій ділянці механічної характеристики і при цьому проявляє мінімальне демпфування механічних коливань.

Основні результати теоретичних досліджень підтверджені експериментальними лабораторними випробуваннями, проведеними на спеціально сконструйованій і виготовленій установці.



УДК 621.3

Шилінська У.

Науковий керівник: Недошитко Л.М.

Відокремлений структурний підрозділ «Тернопільський фаховий коледж

Тернопільського національного технічного університету» імені Івана Пулюя, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ ВИКОРИСТАННЯ АЕРОГЕЛЮ В СФЕРАХ ТЕХНОЛОГІЙ

Shylinska U.

### RESEARCH OF WAYS OF USING AEROGEL IN THE FIELDS OF TECHNOLOGIES

У сьогоднішній електроніка виходить на новий рівень. Задля забезпечення якісної роботи все більш потужних пристроїв не обійтися без надійного термоізолятора. Аерогель – є класом матеріалів, що являють собою гель, рідка фаза якого повністю заміщена газоподібною. На даний момент, за даними Книги рекордів Гіннеса, це є найлегший твердий матеріал з існуючих, який володіє великою міцністю та хорошими термоізоляційними й діелектричними властивостями.

Однією з перших вдалив спроб використання аерогелю у техніці відбулася 1999 році, коли NASA відправили в космос зонд “Standart” для «виловлювання» пилу із хвоста комет. Головною його складовою був аерогель. Завдяки своїй пористій структурі та великій кількості порожнини в об’ємі (до 99%), він має чудові абсорбуючі властивості (рисунок 1). З цього часу почалася епоха даного матеріалу у космічній стежі як термоізолятора. Подалі планується використати аерогель в скафандрах космонавтів задля збереження необхідних температур при .



Рисунок 1. Внутрішня структура аерогелю

Також це не єдиний випадок, в якій аерогель отримав застосування. Термоізоляційні властивості «замороженого диму» широко використовуються газопроводах Європи, як очищувачі повітря та води. Вчені із Гамбурзького технічного університету створили фільтри для літаків компанії Airbus. Також їх застосовують

Також він отримав застосування у будівельних матеріалах, під час пожеж, щоб захистити людину та конструкції від впливу теплового потоку. За словами Меркьюрія

Канацідіса: " Аерогель дивовижний матеріал, він має найнижчу щільність з усіх речовин, відомих людині, але в той же час він може зробити так багато. Він може бути використаний для всього, від фільтрації забрудненої води до ізоляції від екстремальних температур, і, навіть, для ювелірних виробів".

Та, на жаль, у аерогелів є один суттєвий мінус: їхня ціна не дозволяє впровадити цей матеріал у масове виробництво. Найдешевші зразки кварцового коштують понад 40\$ за квадратний метр, товщиною 5мм.

З усього вищеперерахованого можна зробити висновки, що аерогель має великий потенціал як теплоізолятор, абсорбатор та фільтр. За умови його вдосконалення та здешевлення «заморожений дим» може стати одним з найбільш використовуваних матеріалів і навіть, за додавання певних домішок і покращення його гнучкості, витіснити пластик.

### **Література:**

1. Каблов Е.Н. Из чего сделать будущее? Материалы нового поколения, технологии их создания и переработки – основа инноваций // Крылья Родины. 2016. №5. С. 8–18.
2. Смирнов Б.М. Аэрогели // Успехи физических наук. 1987. Т. 152. Вып. 1. С. 133–157.
3. Шиндряев А.В., Кожевников Ю.Ю., Лебедев А.Е., Меньшутина Н.В. Исследование процесса получения теплоизоляционных материалов на основе аэрогелей // Успехи в химии и химической технологии. 2017. Т. 31. №6. С. 130–132.



СЕКЦІЯ: СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ В БУДІВНИЦТВІ, МАШИНО- ТА  
ПРИЛАДОБУДУВАННІ

УДК 631

А.В. Бабій, докт. техн. наук, доцент; І.В. Головецький; П.В. Герасимович  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ КАРТОПЛЯРСТВА В УКРАЇНІ

A. Babii, Dr., Assoc. prof.; I. Holovetskyi; P. Herasymovych  
PROBLEMS AND PROSPECTS OF POTATO GROWING DEVELOPMENT IN UKRAINE

Картоплярство в Україні знаходиться у стадії розвитку. Хоч нашу державу і відносять до лідерів світової «десятки» провідних виробників картоплі, але промислове вирощування цього продукту великими агропідприємствами є мінімальним.

Користуючись даними Держстату, наприклад у 2020 році, великі підприємства вирощували картоплю на площах 17,4 тис.га, обсяг їх виробництва склав 3902,1 тис.ц. Разом з тим у господарствах населення ці цифри значно переважають: площі під картоплею склали 1308,0 тис.га, обсяг виробництва – 204684,7 тис.ц. У відсотковому відношенні на промисловому рівні вирощували приблизно 2% всієї картоплі вирощеної в Україні. Розглянемо ситуацію, що склалася у нашому регіоні станом на кінець 2020 року. На рис. 1 співставлено площі під посадкою картоплі в господарствах населення та агропідприємств. Тенденція та ж сама, що й у державі в цілому.

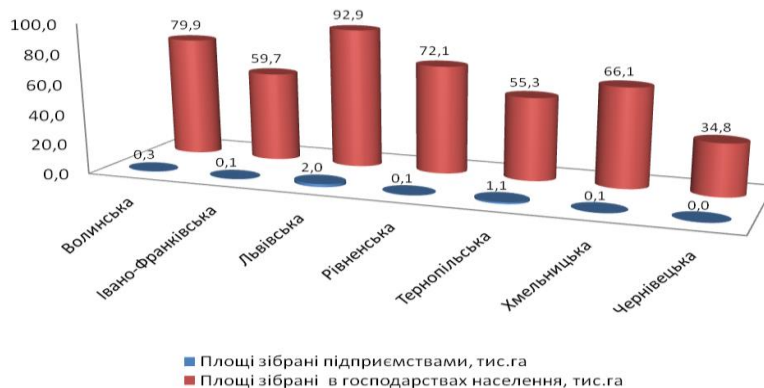


Рисунок 1 – Аналіз площ зайнятих під картоплею, що вирощується у Західному регіоні України

Відповідно до зайнятих площ під картоплею, об'єми її виробництва мають аналогічну пропорційність, рис. 2.

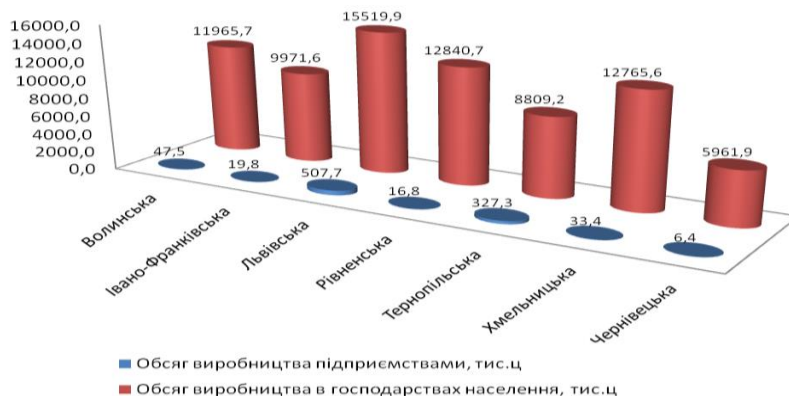


Рисунок 2 – Обсяги виробництва картоплі на різних площах у Західному регіоні  
Тепер дуже важливим показником таких виробництв картоплі є її врожайність, рис.3.

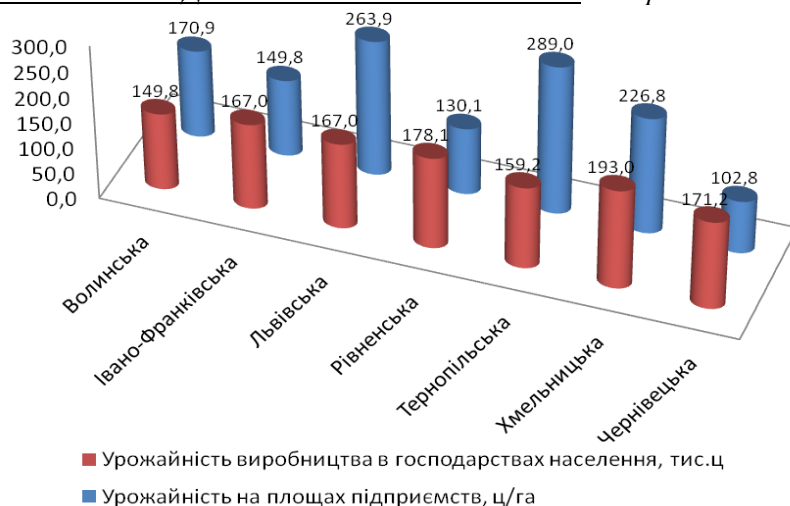


Рисунок 3 – Урожайність картоплі, що вирощена на промисловому рівні та у підсобних господарствах населення

Аналізуючи дані представленої гістограми (рис. 3), можна бачити, що в тих областях, де великі підприємства нарощують об'єми виробництва картоплі, і урожайність може значно перевищувати отриману в приватному секторі. Прикладом є Львівська область. Тут підприємства отримують урожайність приблизно на 58% більшу, ніж у господарствах населення.

Тенденція є логічною, адже технології та культура виробництва в професійних агрофірмах є на вищому рівні.

Тепер постає питання: якщо така висока питома вага виробництва картоплі в господарствах населення, то чи не варто саме тут підвищувати культуру її виробництва?

Цього можна досягти завдяки озброєнню дрібного виробника відповідними технологіями та технікою. В переважній більшості для господарств невеликих наділів (до 2-5 га) є необхідність у використанні міні техніки, яка повинна бути недорогою та максимально ефективною в технологічному плані. Виробник повинен механізувати всі операції при дотриманні технології вирощування картоплі. Часто трапляється так, що відсутність окремої сільськогосподарської машини провокує невиконання або неналежне виконання технологічної операції при вирощуванні цієї культури. Цей ефект негативно відгукується на якості та врожайності кінцевого продукту.

#### Література:

1. Державна служба статистики України / Сільське господарство. URL : [http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/menu/menu\\_u/cg.htm](http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/menu/menu_u/cg.htm).
2. Бабій А., Біленький М, Семак С. Обґрунтування параметрів лемеша картоплекопача з ротаційним сепарувально-транспортуючим пристроєм. Матеріали II Міжнародної студентської науково-технічної конференції / Тернопіль: ТНТУ, 2019. С.77-78.
3. A. Nanka, I. Morozov, V. Morozov, M. Krekot, A. Poliakov, I. Kiralhazi, M. Lohvynenko, K. Sharai, A. Babi, M. Stashkiv. Improving the efficiency of a sowing technology based on the improved structural parameters for colters. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 4. No. 1 (100) (2019) Engineering Technological Systems. P. 33 – 45.

УДК 693.542

Денис Баран, к.т.н., Дмитро Крушельницький, Сергій Левицький, Олександр Горошкевич, Андрій Ольшанський

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПОЛІМЕРНОЇ АРМАТУРИ В ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЯХ

Denys Baran, PhD, Dmytro Krushelnytskyi, Serhii Levytskyi, Oleksandr Horoshkevych, Andrii Olshanskyi

### FEATURES OF APPLICATION OF POLYMER REBAR IN REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

Одним із основних моментів при проектуванні залізобетонних конструкцій є правильний підбір арматури, її діаметра, марки, розрахунок необхідного анкерування, забезпечення захисного шару. Арматура сприймає на себе зусилля, що розтягує, не дає свіжому бетону розтріскатися, витріщитися втратити форму і виконує деякі інші корисні функції. З недоліків сталевих арматур слід виділити її велику вагу та низьку корозійну стійкість. При тривалій експлуатації будівлі відбувається неминуче проникнення води у тріщини стін, фундаментів та корозія арматури, яка сильно знижує її міцність.

Останні кілька років на ринку виник новий вид арматури – з полімерних композитних матеріалів, т.зв. склопластикова та базальтопластикова арматура. За інших рівних умов, її відрізняє мала питома вага, що значно полегшує працю робітників на будівництві, і більш висока міцність на розрив - в 3 рази вище за звичайну сталеву арматуру. Крім того, склопластик не іржавіє, його можна використовувати в агресивних середовищах. Розглянемо докладніше характеристики в табл. 1.

Таблиця 1.

Характеристики арматури

Характеристика	Металева арматура класу А400С	Неметалічна композитна арматура (АСП – склопластикова, АБП – базальтопластикова)
Матеріал	Сталь 35ГС, 25Г2С та ін.	АСП - скляні волокна діаметром 13-16 мікрон зв'язані полімером; АБП - базальтові волокна діаметром 10-16 мікрон зв'язані полімером
Тимчасовий опір при розтягуванні, МПа	360	1200-АСП/1300-АБП
Модуль пружності, МПа	200000	55000-АСП/71000-АБП
Відносне подовження, %	25	2,2-АСП та АБП
Характер поведінки під навантаженням (залежність "напруга-деформація")	Крива лінія з майданчиком плинності під навантаженням	Пряма лінія із пружнолінійною залежністю під навантаженням до руйнування
Коефіцієнт лінійного розширення $\alpha \cdot 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$	13-15	9-12
Щільність, т/м <sup>3</sup>	7	1,9-АСП та АБП
Корозійна стійкість до агресивних середовищ	Корудує із виділенням продуктів іржі	Нержавіючий матеріал першої групи хімічної стійкості, у тому числі до лужного середовища бетону
Теплопровідність	Теплопровідна	Нетеплопровідна
Електропровідність	Електропровідна	Неелектропровідна - діелектрик

Профілі, що випускаються	6-80	3,5-12 у перспективі до 20
Довжина	Стрижні довжиною 6-12 м	Будь-яка довжина на вимогу замовника
Екологічність	Екологічна	Є санітарно-епідеміологічний висновок, не виділяє шкідливих та токсичних речовин
Довговічність	За будівельними нормами	Прогнозована довговічність не менше 80 років
Заміна арматури за фізико-механічними властивостями	6А-ІІІ8А-ІІІ12А-ІІІ14А-ІІІ16А-ІІІ	АСП-4, АБП-4АСП-6, АБП-6АСП-8, АБП-8АСП-10, АБП-10АСП-12, АБП-12
Параметри рівномірного арматурного каркаса при навантаженні 25 т/м <sup>2</sup>	При використанні арматури 8А-ІІІ розмір комірки 14×14 см. Вага 5,5 кг/м <sup>2</sup>	При використанні арматури 8АСП розмір комірки 23×23 см. Вага 0,61 кг/м <sup>2</sup> . Зменшення ваги у 9 разів
Економіка	В даний час відмічено збільшення вартості металу за останні 6 місяців у середньому на 67,4%	Фінансова економія від заміни металевої арматури на рівномірну композитну арматуру становить 10-30%. Динаміка зростання цін становить 2-4% на рік
Області застосування	За будівельними нормами	Особливо ефективна для дорожнього будівництва для виробів, що працюють на пружній основі (основи та укоси доріг, асфальтобетонне покриття, підпірні стінки, плити тощо). Перспективно для створення сейсмостійких поясів будівель і споруд як існуючих, так і зведених.

При використанні склопластикової та базальтопластикової арматури економічний ефект доволі відчутний. Також перевагою такого армування є висока корозійна стійкість арматури та її малої ваги. До недоліків слід віднести погане зчеплення із бетоном.

#### Література:

1. Гудь М. Фактори впливу на міцність та ефективність бетону / М. Гудь М., Г.М. Крамар, І. Гудь // Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій: матеріали Міжнар. науково-техн. конф. до 100 річчя з дня заснування НАН України та на вшанування пам'яті Івана Пулюя (100 річчя з дня смерті), 2018. - С. 44-45.
2. Ігнат'єва В.Б. Залежність фізико-механічних властивостей бетонних сумішей від виду модифікуючих добавок / В.Б. Ігнат'єва, Д.В. Скакун // Naukowy i innowacyjny potencjal prezentacji: Miedzynar. naukowo-prakt. konf., 18 listopada 2018 r.: kolekcja prac naukowych z materialami, Opole, Polska. – Rowne, 2018. – Т. 5. - С. 11-12. Режим доступу: <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/conferences/issue/view/2018-11-18/110>
3. Троян В.В. Термонапружений стан залізобетону як аспект довговічності монолітних конструкцій / Науково-технічний збірник «Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка». Вип. 35 Київ: Товариство "Знання" України 2010 р. – с. 119-124.
4. Мариновський В. М. Застосування монолітних багатопустотних перекриттів у громадських будівлях / В. М. Мариновський, М. І. Гудь, Г. М. Крамар // Збірник тез доповідей IX Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 25-26 листопада 2020 року. — Т. : ТНТУ, 2020. — Том 1. — С. 94. — (Сучасні технології в будівництві, машино- та приладобудуванні).

УДК 693.542

Денис Баран, к.т.н., Назар Шманько, Василь Томків, Павло Коляса, Андрій Ольшанський

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ОСОБЛИВАСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ТОНКОСТІННИХ ХОЛОДНО-ГНУТИХ ПРОФІЛІВ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ НЕСУЧИХ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

**Denys Baran, PhD, Nazar Shmanko, Vasyi Tomkiv, Pavlo Koliasa, Andrii Olshanskyi**  
**PECULIARITIES OF APPLICATION OF THIN-WALLED COLD-BENDED PROFILES FOR MANUFACTURE OF LOAD-BEARING BUILDING STRUCTURES**

Легкі сталеві тонкостінні конструкції (ЛСТК) є однією з областей широкого класу легких металевих конструкцій (ЛМК). Під поняттями ЛМК і ЛСТК у літературі розуміється набір якостей, що відображають досягнення галузі. Характерними рисами ЛМК та ЛСТК є: мала металомісткість, висока технологічність та пристосованість для виготовлення на потокових автоматизованих лініях, легкість транспортування, а також для конвеєрно-блочних та інших швидкісних методів монтажу; високий рівень заводської готовності, можливість комплектного постачання цілих будівель-модулів та їх несучих конструкцій.

Основним елементом ЛСТК є тонкостінний оцинкований холодногнутий профіль.

Основні відмінності ЛСТК від традиційних металоконструкцій полягають у наступному:

1. Застосування холодноформованих профілів із тонкого листового прокату завтовшки до 4 мм;
2. Велика різноманітність перерізів стрижнів (у тому числі круглі, квадратні, замкнуті та відкриті);
3. Принципи виконання з'єднань;
4. Особливості розрахунку та конструювання, пов'язані з малою товщиною профілю.

Виготовлення ТХП (тонкостінних холодногнутих профілів) за допомогою холодного формування засноване на здатності металу до пластичної деформації.

Пластична деформація залишається у профілі та після зняття з нього навантаження. При холодному згинанні пластична деформація супроводжується змінами у структурі матеріалу, що виникають у період зміцнення – так звана наклеп матеріалу. У момент закінчення профілювання волокно вихідного матеріалу набуває деформації, що відповідає напрузі вище початкової межі плинності. Внаслідок цього відбувається підвищення межі плинності, а також зниження його пластичності та відносного подовження.

Зміни механічних властивостей стали залежать від ступеня одержаного наклепу.

Зміни міцнісних властивостей сталі залежать від положення волокна в готовому профілі, величини і форми профілю, радіусу згинання кута, кількості фаз згинання під час профілювання і від числа роликів в машині для гнуття. Чим коротші прямі ділянки профілю, тим більший ступінь зміни механічних властивостей.

Сортамент ТХП, що виготовляється, може бути досить різноманітним (рис 1). Форма поперечного перерізу профілю залежить від призначення.

Найбільш поширеними типами перерізів ЛСТК для несучих конструкцій є С-, Z- та СІГМА-подібні перерізи. В середньому товщина зазначених профілів варіюється в межах 0.7-3.0 мм, висота 150-300 мм (для сталі С345).

Однак товщина профілів може досягати 4.0 мм, а висота 400 мм (для сталі С255).



Рис 1. Сортамент ЛСТК (С, СІГМА, Z, П-подібні)

### Висновки.

Застосування ЛСТК в несучих та огорожувальних конструкціях має низку особливостей, пов'язаних з тонкостінністю та формою перерізу, роботою з'єднань. Всі будівельні конструкції з ЛСТК є системою із тонкостінних профілів.

Для підвищення довговічності ЛСТК, повинні бути передбачені заходи, що не допускають утворення конденсату на поверхні профілів. При цьому особливу увагу звертають на виконання пароізоляції, гідроізоляції та теплоізоляції, що виключає утворення «містків холоду». Метизи кріплення повинні мати корозійностійке покриття з кадмію, цинку або інших аналогічних матеріалів товщиною не менше 10 мкм.

### Література:

1. Бычков Д.В. Строительная механика стержневых тонкостенных конструкций.- М., 1962. 476 с.
2. Ковальчук Я.О. Конструювання вузлів зварних ферм з використанням ПК ANSYS / Я. О.Ковальчук, Н.Я. Шингера, М.А.Басара //Вісник ТНТУ ім. Івана Пулюя. – 2017. № 1(85) – С. 47 –52. 38.
3. Kovalchuk Y. The influence of height of angular profile of rods on rectangular welded truss deformation / Yaroslav Kovalchuk, Natalya Shynhera // Scientific Journal of TNTU. – Tern.: TNTU, 2017. – Vol 88. – No 4. – P. 82–87. – (Mechanics and materials science).
4. Басара М. А. Довговічність к-подібних вузлів зварних ферм / М. А. Басара, Я. О. Ковальчук // Праці VI Міжнародної науково-технічної конференції „Пошкодження матеріалів під час експлуатації, методи його діагностування і прогнозування“, 24-27 вересня 2019 р. — Т.: ТНТУ, 2019. — С. 143–144. — (Оцінювання залишкового ресурсу елементів конструкцій).

УДК 621.91

О.В. Березицький, А.Є. Дячун, канд. техн. наук, доц., В.Т. Сисюк

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ РОЗТОЧУВАННЯ ПЕРЕРВНИХ ПОВЕРХОНЬ

O.V. Berezitskyi, A.Ye. Diachun, Ph.D., Assoc. Prof., V.T. Sysiuk

## THE RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDIES OF THE INTERMITTENT SURFACES BORING

Експериментальні дослідження величини відхилення від круглості перервної поверхні після розточування включали такі етапи: вибір обладнання, заготовок, розточних оправок для розточування перервних отворів; проведення експериментальних досліджень на вибраному устаткуванні для встановлення і наступного прогнозування величини відхилення від круглості перервної поверхні після розточування заготовок із сталі 45 від зміни трьох основних факторів: глибини різання одним різцем  $t$ , подачі розточної оправки  $S$  та швидкості різання  $V$ .

Результати вимірювань відхилення від круглості перервної поверхні після розточування піддавались статистичному обробленню аналогічно методиці, представленій в літературі [1]. За результатами вимірювань також побудовано графіки залежності відхилення від круглості перервної поверхні після розточування від технологічних факторів, один з яких представлено на рис. 1 та рівняння регресії у кодованих величинах:

$$\Delta R_{(x_1, x_2, x_3)} = 0,023 + 0,0035x_1 + 0,0031x_2 - 7 \cdot 10^{-4}x_3 + 0,00138x_1x_2 - 1,25 \cdot 10^{-4}x_1x_3 - 1,25 \cdot 10^{-4}x_2x_3 + 2,65 \cdot 10^{-4}x_1^2 - 7,75 \cdot 10^{-4}x_2^2 - 7,75 \cdot 10^{-4}x_3^2, \quad (1)$$

- у натуральних величинах

$$\Delta R_{(S, t, V)} = -0,003043 + 0,00786S + 0,0189t + 4,99 \cdot 10^{-4}V + 0,0458St - 5,55 \cdot 10^{-5}SV - 4,16 \cdot 10^{-5}tV + 0,01177S^2 - 0,0195t^2 - 3,47 \cdot 10^{-6}V^2. \quad (2)$$

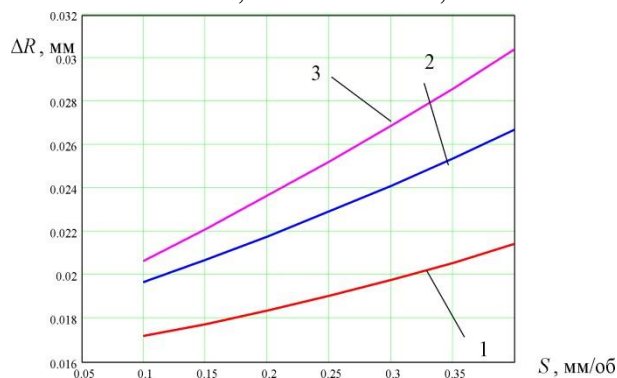


Рисунок 1 - Графіки залежності відхилення від круглості  $\Delta R$  перервної поверхні отворів, після розточування від подачі розточної оправки  $S$ ,  $V=75$  м/хв: 1)  $t=0,1$  мм; 2)  $t=0,3$  мм; 3)  $t=0,5$  мм

Одержані рівняння регресії (1) та (2) можна використовувати у таких межах змінних початкових факторів:  $0,1 \leq S \leq 0,4$  (мм/об);  $0,1 \leq t \leq 0,5$  (мм);  $60 \leq V \leq 90$  (м/хв).

### Література:

1. Рогатинський Р. М. Науково-прикладні основи створення гвинтових транспортно-технологічних механізмів : монографія / Р. М. Рогатинський, І. Б. Гевко, А. Є. Дячун. – Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2014. – 280 с.

УДК 535.3

Д.В. Бондарєв

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

## МЕТОДИ АНАЛІЗУ РОЗСІЮВАЛЬНИХ СЕРЕДОВИЩ

D.V. Bondariev

### SCATTERING MEDIA ANALYSIS METHODS

Дослідження властивостей розсіювальних середовищ відноситься до одного з розділів фізичної оптики, що найбільш швидко розвиваються. Зокрема це обумовлене тим, що існує велика кількість приладів, у яких використовуються розсіювальні матеріали. До таких можна віднести, наприклад, світлопровідні системи для рідкокристалічних екранів, автомобільні приладові панелі, світлодіодні світильники та інше. Також ця тема є важливою і для медико-біологічних досліджень.

Якість і технічні характеристики пристроїв постійно покращуються. Проте існує проблема коректного фізичного моделювання оптичних систем зі світлорозсіювальними компонентами. Помилки при розробці та апробації моделей поширення світла в розсіювальних середовищах призводять до некоректної оцінки роботи проектованої оптико-електронної системи в цілому, що, як правило, призводить до відхилення від технічних вимог.

Розсіяння відбувається, коли фотони стикаються з компактним об'єктом, що має відмінний від оточуючого середовища показник заломлення. Існує велика кількість різноманітних розсіювальних матеріалів, вони можуть бути різні за своїм походженням: аерозолі, рідини, кристали, оптично мутне скло та біологічні тканини.

На практиці для опису поширення світла в розсіювальних середовищах найчастіше використовують теорію переносу випромінювання (ТПВ). Однак для застосування ТПВ і вирішення її основного рівняння у стаціонарній чи нестационарній формі необхідна інформація, що дозволяє адекватно врахувати розсіяння світла у такому середовищі. Ця інформація навряд чи може бути отримана на основі даних про фізико-хімічні властивості складових застосовуваного матеріалу та відомості про процес його виготовлення. Як правило, точний фізико-хімічний механізм виготовлення такого матеріалу дуже складний. Окрім цього, відомості про процес виготовлення становлять комерційну таємницю виробника.

Унаслідок цього виникає актуальне завдання, яке полягає в отриманні інформації, що описує поширення світла в розсіювальних середовищах, за допомогою доступних оптичних вимірювань та подальшої математичної обробки їх результатів.

Для дослідження особливостей поширення оптичного випромінювання в розсіювальних середовищах найчастіше використовуються чисельні методи вирішення рівнянь ТПВ, зокрема метод Монте-Карло [1, 2]. Ускладнення топології досліджуваного середовища призводить до значного збільшення кількості ітерацій, необхідних для отримання коректного результату. Цей процес вимагає постійного контролю збіжності чисельних результатів та суттєвих затрат машинного часу, проте дозволяє мати високу достовірність, особливо в біомедичному застосуванні.

У роботі [3] представлений метод наближеного вирішення стаціонарного рівняння переносу випромінювання для розсіювального середовища, що описується фазовою функцією Хені-Грінштейна. Аналіз рішень для однорідного середовища показав, що поблизу осі падаючого випромінювання найбільший внесок (70%) у сумарну величину поглиненої енергії вносить потік колімованого випромінювання. Відповідно, нульовий порядок дифузної компоненти становить близько 25 % сумарного потоку, а перший порядок дифузної частини не перевищує 2 %. При віддаленні джерела випромінювання від осі внесок від колімованої



частини зменшується по експоненті, а співвідношення між порядками дифузного потоку повільно перерозподіляється між нульовим та першим порядком.

Ще одним із способів дослідження оптичних властивостей матеріалів, що розсіюють, є використання двонаправленої функції розсіяння світла (BDF). Ця функція визначає кутову залежність дифузного розсіяння на поверхні. Двонаправлена функція розсіяння світла має досить складний вираз і за сутністю є суперпозицією та узагальненням двох функцій: двонаправленої функції відбиття (BRDF) та двонаправленої функції пропускання (BTDF). Існує чимало способів відновлення однієї з частин BDF. Вони застосовуються переважно в комп'ютерній графіці та задачах з моделювання поширення світла, однак, вони не застосовні для вирішення завдань, пов'язаних з дифузними матеріалами. У роботі [4] запропоновано метод відновлення оптичних характеристик зразків розсіювальних середовищ, що добре узгоджуються з результатами вимірювань BDF відповідних зразків. Застосування даного методу забезпечує швидке та фізично коректне відновлення окремих оптичних параметрів для зразків зі складними оптичними властивостями.

Розглянуті методи дослідження розсіювальних середовищ цілком доцільно використовувати при роботі і з біологічними матеріалами. Дещо з наведеного вже використовується в цій сфері, наприклад, визначення оптичних властивостей методом Монте-Карло [1]. Метод, розглянутий у роботі [2], використовують при симуляції розсіяння світла у фотометрі з еліпсоїдальними рефлекторами. Цей вид фотометрії [5, 6] знаходиться на стадії розробки тому потребує пошуку сучасних методів аналізу з акцентом на світлорозсіювальні еталони.

Теоретичне моделювання дозволяє досліджувати сукупність різних початкових умов та вільно інтерпретувати експериментальні результати в режимі реального часу. Тому розглянута інформація може бути використана для подальших досліджень особливостей поширення лазерного випромінювання в біологічних тканинах та вирішення завдань їх діагностики оптичними методами.

### Література:

1. Н.В. Безугла, М.О. Безуглий, Г.С. Тимчик, та К.П. Вонсевич, "Вплив осьової анізотропії розсіяння біологічних середовищ на точність визначення оптичних коефіцієнтів методом Монте-Карло", Наукові вісті НТУУ "КПІ", том 99, №1, с. 85 – 91. 2015.
2. Bezuglyi M., Bezuglaya N., Viruchenko A. On the possibility of ellipsoidal photometry and Monte Carlo simulation to spatial analysis of biological media. *Electronics and Nanotechnology : proc. IEEE 37th International Conference*, 2017. P. 321 – 324.
3. Братченко И.А., Захаров И.П. Приближенный метод расчета распределения энергии оптического излучения в многократно рассеивающих средах. *Компьютерная оптика*. 2008. № 4. С. 370–374.
4. Соколов В.Г., Жданов Д.Д. Восстановление двунаправленной функции рассеяния света для среды с объемным рассеянием. *GraphiCon 2018: материалы 28-й междунар. конференция по компьютерной графике и машинному зрению*. м. Томск, 2018. С. 56-60.
5. М.А. Bezuglyi, N.V. Bezuglaya, A.V. Ventsuryk, and K.P. Vonsevych, "Angular Photometry of Biological Tissue by Ellipsoidal Reflector Method", *Devices and Methods of Measurements*, vol.10, no. 2, pp. 160 – 168, 2019.
6. М.А. Bezuglyi, N.V. Bezuglaya, "Ellipsoidal reflectors in biomedical diagnostic", in *Proc. SPIE Biophotonics—Riga 2013, Riga, 2013, 90320V*.

УДК 681.03.69

**В.В. Васильків, докт. техн. наук, А.В. Бараболюк**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **МОНІТОРИНГ РИНКУ ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ПОШАРОВОГО СИНТЕЗУ**

**V. Vasylykiv, Doctor of Engineering Science, A. Barabolyuk**

### **MONITORING OF THE MARKET OF SOFTWARE PRODUCTS FOR THE REALIZATION OF THE LAYER-BY-LAYER SYNTHESIS PROCESSES**

У сучасному машинобудуванні однією із новітніх високоефективних технологій виробництва складних виробів є пошаровий синтез. У його структурі лівову частку займають способи 3D-друку [1-3]. Можна виділити такі основні елементи реалізації такої технології:

- створення за допомогою системи тривимірного геометричного моделювання віртуальної моделі об'ємного виробу та її збереження в вигляді STL- або OBJ-файлу;

- імпорт STL файлу в програму-слайсер (ПС), що пошарово перетворює віртуальну тривимірну модель на машинний код (G-code), який дозволяє адитивному автоматизованому пристрою виготовити деталь зі спеціалізованого матеріалу. Функціонал таких програм дозволяє розбити 3D модель на тисячі плоских шарів 2D, які будуть послідовно відтворюватися на принтері. Слайсери поділяють на два основні види: універсальні та спеціалізовані (корпоративні). Зазвичай спеціалізовані «заточені» під одну технологію, торгову марку або модельну лінійку принтерів. Універсальні мають велику варіативність у налаштуваннях та розраховані на широкий спектр сумісних пристроїв. Слайсери поставляються в комплекті із 3D принтерами;

- імпорт даних в хост 3D принтера, який забезпечує зв'язок між комп'ютером та принтером. Він дозволяє отримувати інформацію для друку, а також змінювати параметри роботи пристрою у режимі реального часу через ПК. Часто ПС і хост об'єднані в одне програмне забезпечення для 3D друку, яке постачається виробником принтера.

З 2012 р. бачимо різке зростання попиту на 3D принтери. З 2015 року динаміка їх популярності зберігається на постійному рівні. За темпами впровадження таких технологій лідирують Норвегія, Нідерланди, Бельгія, Швеція, Німеччина, Великобританія, США, Індія. Серед країн пострадянського простору першість займають такі країни як Росія, Білорусія, Україна, Казахстан, Узбекистан, Молдова. Розглянемо основні ПС.

В Україні використання програмного продукту-слайсера Cura зафіксовано з 2011р., зростання стабільного інтересу до програми з - 2014 р. позаяк у світі інтерес до програми протягом розглядуваного періоду стійкий. В останні роки помітне зростання обсягів використання з різкими перепадами, що пояснюється насиченням ринку. Але інтерес до програми все ж залишається стійким. Популярність ПС Cura пов'язана насамперед із масовим поширенням бюджетних китайських 3D-принтерів, більшість виробників яких скористалися можливістю її безкоштовного використання. Популярні версії 4.8 і 4.9. Україна на поточний рік перебуває на 54-ому місці у світі за рівнем впровадження згаданої програми (у першу трійку увійшли Німеччина, Австрія та Швейцарія, в останню – Індонезія, Індія, Саудівська Аравія). Програмний продукт PrusaSlicer набув помітного поширення у світі з 2018 року, в Україні - з 2020 р. за обсягом його використання Україна займає 29 місце у світі. У першій п'ятірці Чехія, Німеччина, Данія, Австрія, Швейцарія. З 2014 року набуває усе ширшого поширення ПС 3DPrinterOS. Лідером з її використання є США. В Україні інтересу до такого програмного продукту не виявлено. Це зумовлено обмеженістю безплатних функцій програми. Багатофункціональність роботи програми забезпечується за умови додаткової оплати їх вартості. У той час як на ринку існує безліч безкоштовних програм. Тому спостерігається тенденція до спадання інтересу до такої ПС. З 2007 року зростає інтерес до ПС IdeaMaker. Лідерами за обсягами використання такої програми є Франція, Німеччина, Італія, Польща, Бельгія, Нідерланди, США. Через наявність альтернативних програм, в Україні помітного інтересу до такого програмного

забезпечення не виявлено. З 2011 р. у світі почав набувати популярність ПС KISSlicer. Лідерами з його використання є Тайвань, Росія, Польща, Німеччина, Італія, Іспанія, Японія, США. У 2014р. виявлено пік, а далі спостерігаємо значне зниження інтересу до такої програми. Це зумовлено складністю інтерфейсу та необхідністю плати за повнофункціональний варіант такої програми. Через це в Україні помітний інтерес до такого програмного продукту також не виявлений. До ПС Repetier-Host виявляють інтерес в таких країнах як Японія, Тайвань, Франція, Німеччина, США. В останні 2 роки спостерігається спадання популярності такого програмного продукту. В Україні дану програму використовують в обмеженій кількості, незважаючи на її універсальність. Виявлено стійкий інтерес до програмного продукту OctoPrintтак, який є не тільки ПС, а й веб-інтерфейсом для 3D-принтера. У плані його використання лідерами є такі країни як Чехія, Німеччина, Словенія, Австрія. В Україні така програма з 2016 р. здобуває усе більшу популярність (наша держава перебуває на 37 місці у світі). В Україні з 2013 р. відмічене використання ПС Slic3r, у світі -з 2010 р. Однак на даний час спостерігається спадання інтересу до цієї програми. Все ж Україна займає 31 місце за рівнем популярності такої програми в світі. Значним поширенням відзначається ПС AstroPrint. Це хмарна платформа, побудована за тією ж концепцією, що і 3DPrinterOS та OctoPrint. Його використовують понад 85 тисяч осіб у більш ніж 130 країнах. Лідерами за обсягами її використання є Німеччина, США, Канада, Нідерланди, Італія, Іспанія, Великобританія і Франція. Однак ця програма в Україні не набула широко використання. Незважаючи на велику вартість, у світі зростаючою популярністю відзначається ПС Simplify3D. Лідерами за використанням такої програми є Чехія, Данія, Німеччина, Швейцарія, Корея. В Україні також спостерігаємо зростання обсягів її впровадження (наша держава займає 30 місце за рівнем інтересу до такого програмного продукту). Не виявлено значного інтересу до ПС IceSL, незважаючи на те що це не просто програмне забезпечення для “нарізки”, а інструмент для тривимірного моделювання, створений за допомогою скриптів Lua. Її використовують переважно в Франції, Німеччині, США та Італії. Помітною є спадання популярності ПС MatterControl. Однак лідерами з її впровадження все ж залишаються такі країни як США, Канада, Німеччина, Франція, Великобританія та Мексика. Програмний продукт Z-Suite найбільше використовують у Польщі. В Україні інтересу до згаданих останніх трьох ПС не виявлено. У світі спостерігається тенденція спадання інтересу до ПС Netfabb. Проте варто відзначити, що незважаючи на велику вартість, в Україні (країна займає 21 місце у світі за рівнем популярності цієї програми) помітний стабільний інтерес до цієї програми, яка рекомендована для використання в наукових дослідженнях.

### Література:

1. Васильків В.В. К вопросу классификации технологий изготовления изделий методом послойного синтеза / Современные проблемы машиноведения: тезисы докладов X Междунар. научно-техн. конф. / Под общ. ред. проф. Тимошина С.И. – Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2014. – С. 103-104.
2. Васильків В.В. Применение технологий послойного синтеза при изготовлении винтовых и шнековых заготовок / В.Васильків // Сб. тр. Междунар. научно-техн. конф. "Актуальные проблемы современного машиностроения". – Томск: Изд.-во ТПУ – 2014. – С. 278 - 284.
3. Васильків, В.В. Розвиток науково-прикладних основ розроблення технологій виробництва гвинтових і шнекових заготовок з використанням уніфікації: дис. ... д-ра. техн. наук: 05.02.08 / Василь Васильович Васильків; Нац. ун-т «Львів. політехніка». – Львів, 2015. – 312 с.

УДК 621.9.06

**В.Н. Волошин, к.т.н., доц., Р.В. Жолодзь**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ВПЛИВ ЖОРСТКОСТІ ЗАТИСКНОГО ПАТРОНА НА ДІАМЕТРАЛЬНІ ПОХИБКИ ПРИ ДВОРІЗЦЕВІЙ ТОКАРНІЙ ОБРОБЦІ**

**V.N. Voloshyn, Ph.D., Assoc. Prof., R.V. Zholodz**

### **INFLUENCE OF CLAMPING CHUCK ON DIAMETRAL ERRORS DURING TWO-CUT TURNING PROCESS**

Паралельній токарній обробці приділяється значна увага в різних галузях виробництва через її переваги в порівнянні з традиційною однорізцевою обробкою. Очевидно, що одночасне використання додаткових різальних інструментів збільшує швидкість зняття матеріалу і, очевидно, продуктивність процесу точіння [1]. Окрім того, при одночасному обточуванні декількома інструментами можна налаштовувати додаткові параметри процесу та геометрії для підвищення стабільності. Різна конфігурація компонентів технологічної оброблювальної системи, тобто різців і заготовки, по відношенню один до одного, забезпечує можливість виконання різних видів токарних операцій одночасно [1]. Тому у порівнянні з традиційним однорізцевим точінням паралельне точіння є дуже перспективним.

Дослідженню розмірних похибок при паралельній токарній обробці присвячено багато наукових робіт [1-3]. Проте у цих роботах мало уваги приділялося врахуванню радіальної та поворотної жорсткості затискного патрона при визначенні розмірних похибок при паралельній токарній обробці.

Метою даної роботи є встановлення впливу жорсткості затискного патрона на діаметральні похибки при дворізцевій токарній обробці консольно-закріплених циліндричних заготовок.

З використанням методу скінченних елементів розроблено аналітичну модель для прогнозування діаметральних похибок при обточуванні консольно-закріплених заготовок. Ця модель враховує радіальну та поворотну жорсткості затискного патрона. Вони у скінченно-елементній моделі враховуються шляхом додавання пружин розтягу (стиску) та поворотних пружних елементів із величинами  $k_e$  та  $k_r$  відповідно.

За допомогою цієї моделі (з використанням прикладної програми MathCAD) досліджено вплив радіальної та поворотної жорсткості затискного патрона в площинах XZ та YZ на величину діаметральних похибок при дворізцевій токарній обробці консольно-закріплених циліндричних заготовок. Результати моделювання показали зменшення діаметральних похибок при збільшенні жорсткості затискного патрона. Показано, що значний вплив на діаметральні похибки чинить розташування різців вздовж осі консольно-закріпленої заготовки.

#### **Література:**

1. Технологічне оснащення для високоефективної обробки деталей на токарних верстатах: монографія/ [Кузнецов Ю.М., Луців І.В., Шевченко О.В., Волошин В.Н.]. – К.: – Тернопіль: Терно-граф, 2011. – 692 с.
2. Зажимные механизмы и технологическая оснастка для высокоэффективной токарной обработки: Монография/ [Кузнецов Ю.Н., Драчев О.И., Луців И.В., Шевченко А.В., Волошин В.Н.]. – Старый Оскол: ТНТ, 2014. – 480 с.
3. Луців І.В. Дослідження тонкого точіння трирізцевою головкою / І.В. Луців // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії. – 2014. - №2 (33). – С.53-56.

УДК 625.2+728.2

Р.В. Грицеляк, В.М. Вірченко, І.І. Самогальський

Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя

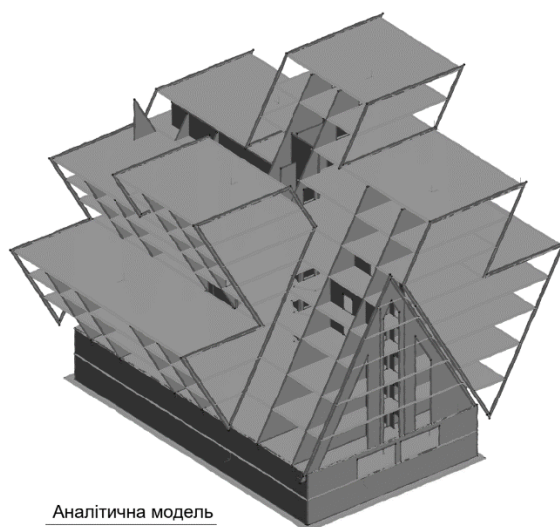
## АНАЛІТИЧНА ТА СКІНЧЕННО-ЕЛЕМЕНТНА МОДЕЛЬ БУДІВЛІ

R. Grytseliak, V. Virchenko, I. Samogalskyy

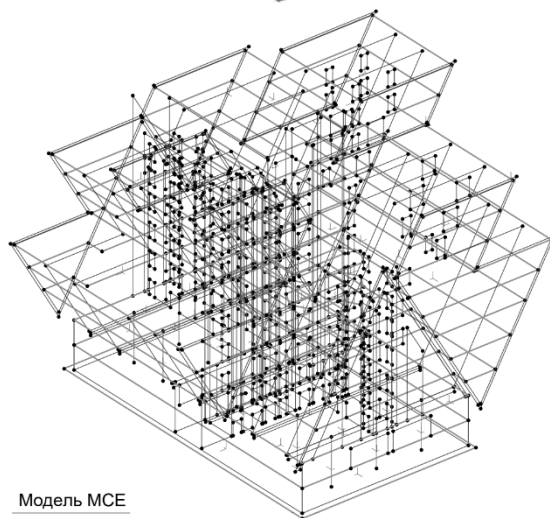
### ANALYTICAL AND FINITE-ELEMENTAL BUILDING MODEL

Метод скінченних елементів (МСЕ) є основним методом розрахунку та моделювання елементів конструкції будівлі і полягає в заміні звичних конструкції на скінченні елементи. За цим принципом працюють найбільш популярні програмні комплекси для розрахунку та симуляції роботи конструкцій.

Наприклад один з основних програмних пакетів для моделювання будівель, Autodesk Revit® Дозволяє автоматично створюючи будь яку конструкцію дублювати як скінченний елемент в МСЕ (рис.1).



Аналiтична модель



Модель МСЕ

Рисунок 1. Аналітична модель будинку з елементів МСЕ

Ця функція програмного пакету пришвидшує та оптимізує експорт моделі в розрахункову підпрограму або інший програмний пакет.

УДК 625.2+728.2

Р.В. Грицеляк, Р.В. Корчинський, Ю.П. Малинович

Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя

## АНАЛІЗ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ МОДЕЛІ БУДІВЛІ

R. Grytseliak, R. Korchynskyy, Yu. Malynovych

### ENERGY EFFICIENCY ANALYSIS OF A BUILDING MODEL

Зростання цін на енергоресурси стимулює всебільш активний розвиток методик оцінки їх витрат. Одним з варіантів такої оцінки є використання відносно нової методики проектування будівель і споруд, а саме будівельного інформаційного моделювання – «BIM» (building information model). Ця методика дозволяє, використовуючи відповідне програмне забезпечення, аналізувати енергоефективність моделі будівлі ще на стадії проектування.

Одним з категорій популярних програмних пакетів для роботи в BIM-середовищі є Autodesk Revit®. Це програмне забезпечення дозволяє створити модель будівлі з повним відтворенням усіх фізичних характеристик, а це, в свою чергу, дозволяє спрогнозувати усі втрати. На Рисунку 1 зображено приклад початкового етапу аналізу енергоефективності, а саме створена 3D-модель проектованої будівлі (рис.1а) та перша стадія аналізу – визначення поверхонь втрат та їх площі, результат аналізу видається як візуально (рис.1б) так і інформаційно, у вигляді результатів в табличній формі.

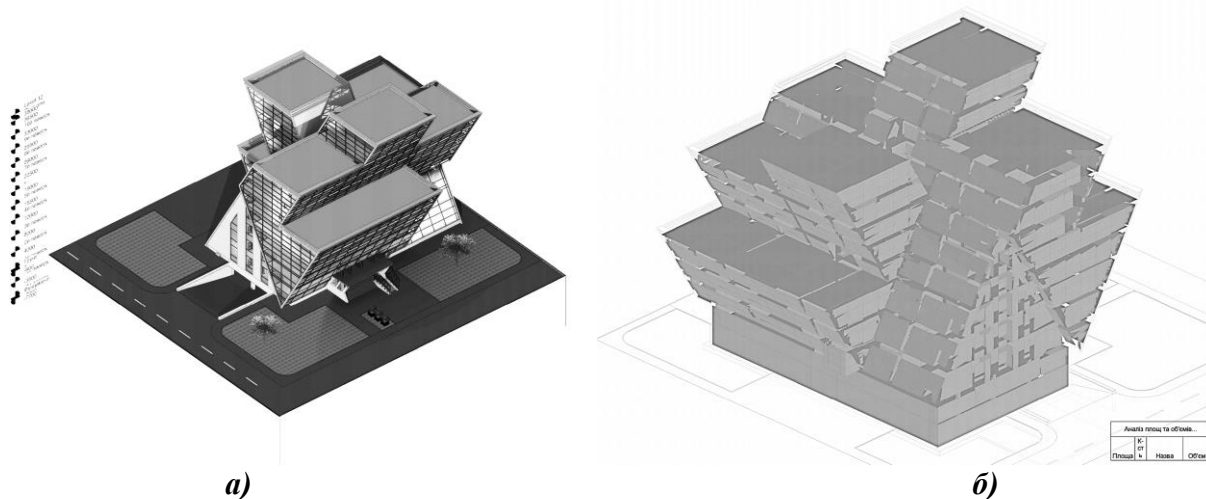


Рис.1 а) 3D-модель будівлі, б) аналітична модель поверхонь втрат

На наступних стадіях, в модель будівлі потрібно додати всі майбутні інженерні мережі, систему опалення та кондиціонування, вентиляційні системи. Усі основні вузли систем можна повністю налаштувати, вказати продуктивність та потужність систем. Це все в сукупності може покращити результат аналізу на стадії проектування, який буде з невеликою похибкою, приблизно 5-7%, відповідати реальним натурним дослідженням збудованої та введеної в експлуатацію будівлі.

Як результат ми можемо спрогнозувати енерговитрати будівель ще на стадії проектування, це може кардинально вплинути на розробку проекту і дозволити внести потрібні зміни на ранніх стадіях, що суттєво вплине на вартість експлуатації будівлі та подальші ремонтні роботи.

УДК 625.2+728.2

Р.В. Грицеляк, І.Р. Пакулець, Ю.В. Костецький

Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя

## МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

R. Grytseliak, R. Korchynskyy, Yu. Malynovych

### METHODS FOR DETERMINING DYNAMIC LOADS

Останні зміни в державних будівельних нормах проектування будівель та планування міст дозволили проектувати будівлі з підземними перкінгами без цивільних приміщень між житловими та паркувальними поверхами. Для промислових споруд динамічні коливання не є чимось незвичним, але персонал перебуває в них тільки в робочий час, а вплив динамічних коливань на стан мешканців житлових будівель малодоліджений. Психологічний стан мешканців є головною проблемою яку варто досліджувати в майбутньому.

Існують декілька методик розрахунку динамічних навантажень. Перший – експериментальний метод, другий – теоретичний метод.

Теоретичний метод полягає в симуляції амплітуд коливань конструкцій що виникають від динамічних навантажень, а також частоту власних коливань. Розраховані значення коливань порівнюємо з гранично-допустимими значеннями, зумовленими необхідними міцністю і стійкістю споруди чи конструкції. Для симуляцій використовують різні програмні пакети, наприклад ПК «ЛІРА», ANSYS та інші.

Експериментальний метод використовує натурні дослідження на існуючих об'єктах чи на масштабних моделях. Для натурних досліджень інженери використовують портативні сейсмографи (рис.1). Їх встановлюють в різних частинах будівлі та створюють навантаження за допомогою генераторів коливань або ж використовують реальні джерела, наприклад автотранспорт.



EPS



Grillo Active System Offers Early Earthquake

Рисунок 1. Портативні сейсмографи



УДК 621.835+621.8.028.3

Д. С. Гриценко, к.т.н.

НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», ВПІ, Україна

## ОСОБЛИВОСТІ ЗАМИКАННЯ КУЛАЧКОВОЇ ПАРИ МЕХАНІЗМУ ПЕРІОДИЧНОГО ПОВОРОТУ

D. S. Hrutsemko, PhD

### FEATURES OF CAM PAIR CLOSURE OF THE PERIODIC ROTATION MECHANISM

Технологічний процес друку на тамподрукарських машинах визначає необхідність створення виконавчими ланками періодичних рухів. Для цього необхідно використовувати циклові механізми [1]. Тому розробки нових кінематичних енергоефективних побудов є актуальною задачею. Передусім, це відноситься до механізмів транспортування виробів, для приводу яких використовуються крокові механізми [2]. Специфіка їх використання визначається забезпеченням технологічного процесу: забезпечення заданого співвідношення періодів вистою та виконання операції подавання виробу в зону друку; забезпечення точності позиціонування виробу відносно робочої ланки; забезпечення сприятливих динамічних характеристик [3,4]. При цьому в період вистою виробу у тамподрукарських машинах виконуються наступні технологічні операції: друкування на виробі (опускання та підйом друкарської ланки – тампона); зняття задрукованого виробу та встановлення нового (на відповідну позицію); висушування задрукованого виробу (на одній або декількох позиціях). Такі вимоги визначають необхідність використання нових побудов механізмів приводу робочих ланок тамподрукарських машин. Основною ланкою таких механізмів є кулачкова пара [5].

Така кулачкова пара потребує додаткових елементів для отримання замикання. Його можна створити за допомогою використання додаткових ланок механізму: кулачків, за допомогою яких здійснюється кінематичне замикання, або пружної ланки – для здійснення силового замикання. Можливість створення блокування кулачкового механізму з пружними ланками для робочих рухів дозволяє використати вільні коливання контуру, у склад якого входить ведена ланка. Якісною відмінністю даного блокування від блокування з кулачковими механізмами є нерозривний зв'язок виконавчого кулачкового механізму та пружної ланки. Структурна схема таких механізмів представлена на рис. 1.

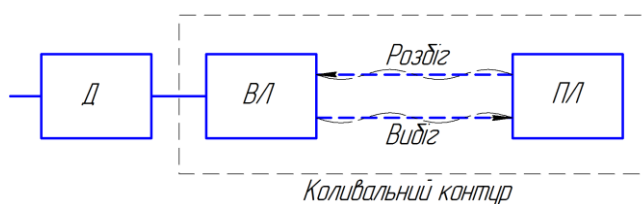


Рис. 1. Структурна схема кулачкового механізму періодичного повороту, зблокованого з пружною ланкою

Таке рішення забезпечує зменшення динамічних навантажень та підвищує надійність роботи машини [6]. Пружна ланка (ПЛ) і ведена ланка (ВЛ) – коромисловий диск – складають коливальний контур, у якому в період розгону вихідної маси енергія передається від ПЛ до ВЛ, а в період вибігу – від ВЛ до ПЛ. Заповнення дисипативних втрат у контурі здійснюється за рахунок енергії, що поступає від двигуна (Д), тобто початковий запас енергії у коливному контурі постійний.

Пружна ланка відносно кулачкового механізму встановлюється таким чином, щоб у момент переходу веденої ланки від розбігу до вибігу вплив його на ведену ланку дорівнював нулю.



Під час повороту у фазі розбігу енергія, необхідна для розгону веденої маси, надходить від пружної ланки (пружини). У фазі вибігу кінематична енергія, яка віддається веденою масою, акумулюється пружиною з наступною віддачею її у фазі розбігу наступного циклу. Якщо знехтувати втратами у кінематичних парах, то в кожній фазі циклу крутні моменти  $M_{пр}$  (рис. 2), які створюються на вихідному валу пружною ланкою, повинні бути рівні за величиною, але протилежні за знаком крутним моментам від сил інерції  $M_{ін}$ , за рахунок чого відбувається розвантаження ведених кінематичних ланцюгів. Для відновлення втрат у кінематичних парах і для гарантованого замикання кулачкової пари величина  $M_{пр}$  повинна дещо перевищувати величину  $M_{ін}$ . Замикання кулачкової пари за рахунок цього перевищення здійснюється під час усього циклу.

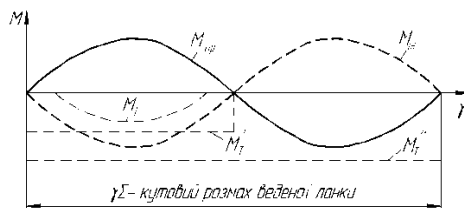


Рис. 2. Аналіз діючих навантажень у кулачковій парі механізму, який блокується з пружною ланкою

Якщо виникають крутні моменти, які створюються технологічними силами у фазі розбігу (графік типу кривої  $M_T$ ), для нормальної роботи механізму потрібне перевищення  $M_{пр}$  над  $M_T$ , тому що в цій фазі циклу енергія на подолання  $M_T$  повинна поступати від пружної ланки. Надходження енергії від двигуна неможливе через особливості побудови механізму. Якщо графік крутних моментів від технологічних сил має вигляд  $M'_T$  або  $M''_T$ , то створити переміщення за допомогою  $M_{пр}$  неможливо і механізм не здійснить поворот веденої ланки, оскільки в окремі моменти часу сили опору будуть перевищувати рушійні сили й порушиться контакт роликів з кулачком.

Отже, для здійснення повороту такою кулачковою парою необхідно мати кінематичне замикання ланок на всьому періоді розбігу, що забезпечить надходження енергії на подолання технологічних сил від двигуна. Якщо за умовами роботи технологічні навантаження значно перевищують інерційні, то доцільно ввести кінематичне замикання кулачкового механізму, виключивши в цьому випадку застосування пружних ланок, оскільки  $M_{пр}$  у фазі вибігу спричинить збільшення сумарного навантаження у кулачковій парі та привідних ланках.

### Література:

1. Гриценко Д. С. Конвеєр подання паковань у тамподрукарську машину (експериментальне дослідження крокового привода) // Упаковка. 2016. №2. С. 45–48.
2. Петрук А. І., Гриценко Д. С. Визначення раціональної структури механізмів періодичного повороту поліграфічних машин // Технологія і техніка друкарства. 2012. №1(35). С. 86-94.
3. Гриценко Д.С. Кінематика привода конвеєра тамподрукарських машин // Збірник наукових праць «Поліграфія і видавнича справа». Л., 2009. № 2 (50). С. 40-47.
4. Гриценко Д.С. Динаміка привода крокового транспортера тамподрукарських машин // Збірник наукових праць «Комп'ютерні технології друкарства». Л., 2011. № 25. С. 264-273.
5. Шостачук Ю. О., Розрахунок кулачкового механізму періодичного повороту // Технологія і техніка друкарства. – 2012. - №1(35). – С. 97-106.
6. Шостачук Ю.О., Гриценко Д. С. Дослідження точності позиціонування транспортувальних пристроїв конвеєрного типу тамподрукарської машини ТДМ-300 // Збірник наукових праць «Технологія і техніка друкарства». К., 2011. № 3(33). С. 89-95.

УДК 621.91

В.С. Деревляний, А.Є. Дячун, канд. техн. наук, доц., А.М. Елшербіні

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ТОКАРНОЇ ОБРОБКИ ПОВЕРХОНЬ ІЗ ЗМІННОЮ ГЛИБИНОЮ РІЗАННЯ

V.S. Derevlianyi, A.Ye. Diachun, Ph.D., Assoc. Prof., A.M. Elsherbiny

### THE STUDY OF DYNAMICS OF SURFACES TURNING WITH VARIABLE DEPTH OF CUT

В результаті аналізу літератури [1] та на основі експериментальних досліджень встановлено, що у багатьох випадках виникає необхідність токарної обробки складних поверхонь із змінною глибиною різання, зокрема при їх формуванні методами литва чи обробки тиском.

Особливості геометрії змінних циліндричних поверхонь створюють значний вплив на динаміку процесу їх проточування. Такий процес супроводжується періодичними ударами між заготовкою та різцем та процесом різання циліндричних поверхонь і пов'язаний із складними ударними процесами та процесами різання. Тому розроблено математичну модель, що дозволяє визначати деформації елементів системи заготовка, шпиндель верстата, різець, різцетримач та супорт. Таку систему представлено у вигляді еквівалентної багатомасової системи на рисунку 1.

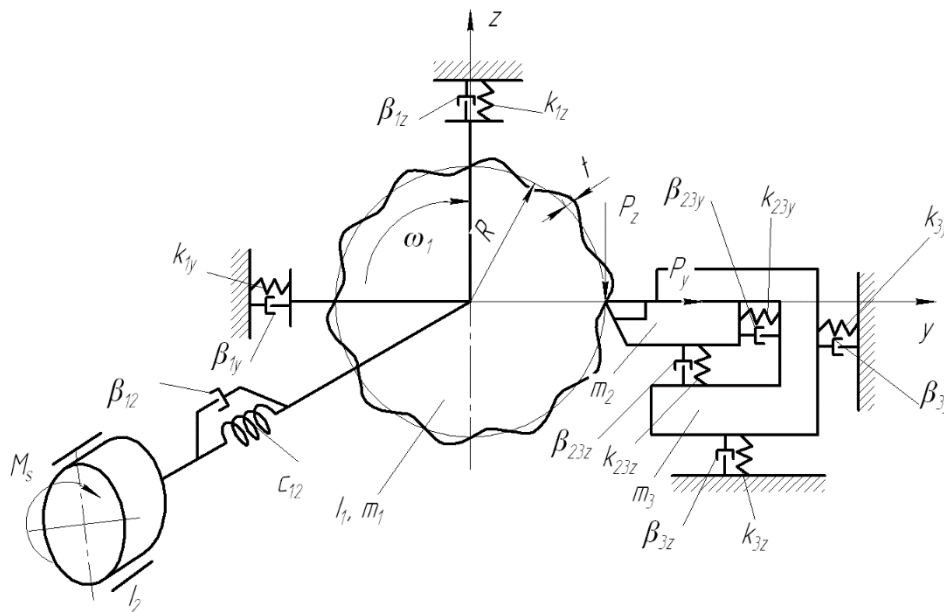


Рисунок 1 - Розрахункова схема еквівалентної багатомасової системи для дослідження динаміки процесу токарної обробки поверхні із змінною глибиною різання

На основі схеми рис. 1 виведено систему диференціальних рівнянь, що описують коливання елементів еквівалентної багатомасової системи. Розв'язок системи диференціальних рівнянь проведено на комп'ютері із застосуванням чисельного методу Рунге-Кутга, де враховано графік зміни сили різання при зміні глибини різання.

#### Література:

1. Hevko I., Diachun A., Lyashuk O., Vovk Y., Hupka A. (2021) Study of Dynamic and Power Parameters of the Screw Workpieces with a Curved Profile Turning. In: *Advances in Design, Simulation and Manufacturing IV. DSMIE 2021. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-77719-7\\_38](https://doi.org/10.1007/978-3-030-77719-7_38).

УДК 624.011

**В.В. Закамарко, О.П. Бернатович, В.Б. Святій, А.П. Сорочак, к.т.н., доцент**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СПОСОБУ АРМУВАННЯ НА ТРИМКУ ЗДАТНІСТЬ КЛЕЄНИХ ДЕРЕВ'ЯНИХ БАЛОК**

**V.V. Zakamarko, O.P. Bernatovych, V.B. Sviatyi, A.P. Sorochak, Ph.D., Assoc. Prof.**  
**INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF REINFORCEMENT METHOD ON  
BEARING CAPACITY OF GLUED WOODEN BEAMS**

Армовані дерев'яні балки являють собою клеєні конструкції, в найбільш напружені крайні зони перерізу яких вклеєна сталева або композитна арматура. Вони мають значно більшу несучу здатність і жорсткість, ніж неармовані такого ж перерізу. Їх доцільно застосовувати там, де потрібно зменшити будівельну висоту конструкцій покриття або скоротити витрату пиломатеріалів підвищеної якості. Однак ці балки більш трудомісткі у виготовленні, ніж неармовані.

Використання армованих балок в пролітних будовах мостів і трикутних арок в покриттях виробничих та складських споруд показали ефективність армованих конструкцій в експлуатаційних умовах.

Існують наступні способи армування дерев'яних балок:

- армування стержневою арматурою без попереднього напруження;
- армування сталевими смугами;
- армування попередньо напруженою високоміцною арматурою або арматурними смугами;
- армування попередньо напруженою сталеву смугою, яка приклеюється до нижньої грані балки.

В сучасному будівництві найчастіше використовуються конструкції, армовані сталевими стержнями без попереднього напруження, які достатньо надійні та прості у виготовленні, так як вони не потребують для цього спеціального обладнання. Саме даний варіант армування гнучо-клеєних дерев'яних балок розглядався в даній роботі.

Для армування балок застосовується, як правило, сталева стержнева арматура класів А300, А400С з розрахунковими опорами 295 МПа та 390 МПа. Вклеюється арматура зазвичай епоксидним клеєм, що забезпечує надійне з'єднання деревини з металом. Розрахунок армованих балок здійснюється з урахуванням спільної роботи деревини та металу з приведеними характеристиками поперечного перерізу.

В роботі розглядали три види армування перерізів дерев'яних конструкцій: подвійне симетричне (з рівномірним розподіленням арматури по найбільш напружених зонах перерізу), подвійне несиметричне (з більшою кількістю арматури в стиснутій зоні перерізу) та одинарне (з розміщенням арматури в розтягненій зоні).

В результаті моделювання роботи клеєної дерев'яної балки з наведеними типами армування в програмному комплексі ЛІРА-САПР 2015 найбільш ефективним виявилось подвійне армування балок, коли арматура розташовується в розтягнутій і стиснутій зонах.

Як показали дослідження, армування балок періодичною арматурою без попереднього напруження при відсотку армування від 1 до 3% збільшує їх міцність і жорсткість в 1,5-2 рази у порівнянні із неармованими. Вага та вартість конструкцій при цьому знижується відповідно на 18-30% і 11-20% при однаковій несучій здатності. Армування деревини підвищує несучу здатність балок, знижуючи завдяки цьому рівень розрахункових напружень в порівнянні з клеєним пакетом дошок таких же розмірів.

УДК 629.05

Ю.Б. Капаціла, к. т. н., доцент, М.О. Науменко

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ ВІДСЛІДКУВАННЯ МАРШРУТУ АВТОМАТИЗОВАНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Y. Kapatsila, Ph. D, M. Naumenko

### INVESTIGATION OF ROUTE TRACKING SYSTEMS FOR AUTOMATED VEHICLES

Важливим елементом організаційно-технологічної структури автоматизованого виробництва є автоматизована транспортно-накопичувальна система (АТНС), яка призначена, зокрема, для переміщення матеріалів, заготовок, готових виробів, засобів технологічного забезпечення та інструментів між обладнанням, автоматизованими дільницями та складами для підтримки виробничих ліній і виробництва в цілому. В якості обладнання АТНС широко застосовуються різного роду автоматизовані та автоматичні транспортні засоби.

Автоматичні транспортні засоби (АТЗ) іноді називають самокерованими транспортними засобами або автономними транспортними засобами, але в будь-якому випадку – це транспортні засоби, які автономно пересуваються територією складу, виробничого приміщення чи іншого виробничого об'єкту без участі людини.

Існує декілька типів автоматизованих транспортних засобів. Більшість АТЗ подібні до транспортних засобів, які керуються людиною, але розроблені для роботи без прямого втручання людини.

Системи відслідковування маршруту або, як їх ще називають системи наведення АТЗ можуть варіюватися від відносно простих електромеханічних, індукційних, оптоелектронних до складних навігаційних систем, які використовують елементи штучного інтелекту для навігації в навколишньому середовищі.

Одним з варіантів систем відслідковування маршруту є системи, які базуються на точному розрахунку траєкторії.

Точний розрахунок траєкторії не використовує зворотний зв'язок зовнішнього положення, але обчислює положення АТЗ і періодично оновлює абсолютне положення транспортного засобу.

Відрізки прямолінійного шляху, які визначають бажану траєкторію, зберігаються в бортовій пам'яті транспортного засобу. Мікропроцесор обчислює положення та орієнтацію транспортного засобу за допомогою енкодерів валу заднього колеса, які також контролюють кутове положення кожного заднього колеса. Алгоритми керування використовують дані з енкодера для відстеження послідовних прямих відрізків.

Контроль обчислення шляху можна покращити шляхом періодичного оновлення абсолютного положення транспортного засобу. Абсолютне оновлення позиції є обов'язковою умовою, оскільки на виході енкодера може бути похибка.

Метою дослідження методу точного розрахунку траєкторії є розроблення та моделювання алгоритмів, які можуть бути використані для реалізації такого методу керування. Для цього пропонується використати два окремих контролера: контролер прямої лінії для утримання АТЗ вздовж відрізка прямої лінії та контролер повороту, який направляє АТЗ від одного прямолінійного відрізка до наступного. Повний контроль реалізується шляхом поєднання двох окремих контролерів.

Основними результатами дослідження буде розроблення повного алгоритму керування та його комп'ютерне моделювання.

УДК 693.542

Галина Крамар., к.т.н., доц., Леся Залізівська, Юрій Костецький, Михайло Нагорний  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## СКІНЧЕННО-ЕЛЕМЕНТНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТРИМКИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ BIM-ТЕХНОЛОГІЙ

**Halyna Kramar., PhD, assoc. prof., Lesia Zalizovska, Yurii Kostetskyi, Mykhailo Nahorny**  
**FINITE-ELEMENT MODELING OF DURABLE REINFORCED CONCRETE  
STRUCTURES USING BIM-TECHNOLOGIES**

BIM, інформаційне моделювання будівлі, — це технологічна система, яка дає можливість архітекторам, конструкторам створювати цифрову модель будівлі в цілому та її окремих частин, завдяки чому наявна детальна інформація, необхідна для виконання всього проекту та ефективно використовується протягом усього життєвого циклу проекту.

BIM створює цифрову модель будівлі або споруди, що проектується, і демонструє, як вона буде функціонувати. Це дозволяє архітекторам та конструкторам візуалізувати всю будівлю перед будівництвом і мати можливість передбачити, як конструкція буде працювати в процесі експлуатації, в тому числі під час впливу експлуатаційних факторів та синхронно вирішувати проблемні питання. Для реалізації подібних зв'язок було розроблено формат даних з відкритою специфікацією, а саме формат IFC (Industry Foundation Classes) або Industry Foundation Classes, це спеціальний формат файлу, в якому можна описувати використовувану проектну інформацію про будівлю чи споруду або їх частини та передавати її для подальшого опрацювання.

На рисунку 1 зображено схему передачі даних, шляхом конвертації з у файл з розширенням\*.ifc.

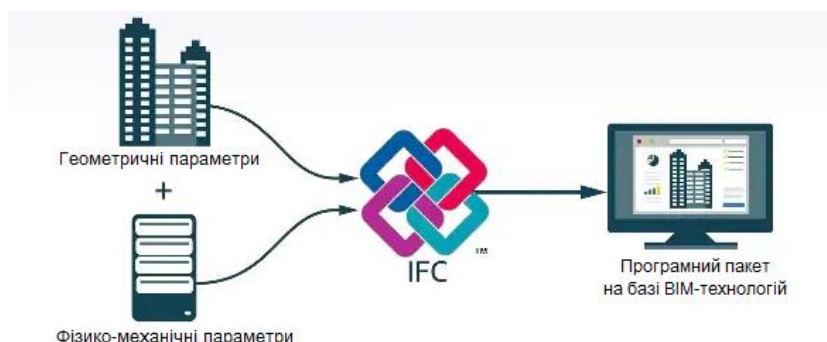


Рисунок 1. Схема передачі даних про будівлю чи споруду із застосуванням BIM-технологій

У цей час BIM-технології зробили революцію в проектуванні та дозволили проектувати дуже великі будівлі та споруди, які можуть протистояти стихіям і витримати випробування часом. Завдяки BIM ймовірність людських помилок і прорахунків при проектуванні значно знижується, таким чином зводячи до мінімуму можливі ускладнення.

### Література:

1. <https://revizto.com/en/bim-design/>
2. <https://lira-soft.com/forum/forum17/topic309/>

УДК 624.074.5

**Б.С. Крохмальний, В.М. Фірута, А.З. Ольшанський, А.П. Сорочак, к.т.н., доцент**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ СТОХАСТИЧНОГО ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОСТОРОВОЇ ФЕРМИ**

**B.S. Krohmalnyi, V.M. Firuta, A.Z. Olshanskii, A.P. Sorochak, Ph.D., Assoc. Prof.**  
**APPLICATION OF STOCHASTIC SIMULATION MODELING METHOD FOR  
OPTIMIZATION OF CONSTRUCTIVE PARAMETERS OF SPATIAL TRUSS**

Галузь застосування металевих ферм в будівництві дуже широка, найбільше розповсюдження вони знайшли в покриттях виробничих та громадських будівель, а також у великогабаритних спорудах (великопролітні конструкції, башти, опори ліній електропередач, транспортерні галереї, прольоти мостів, в'язеві системи каркасів будівель тощо).

Фермою є наскрізна конструкція, що працює на згин або згин зі стиском та складається з окремих стержнів, які, з'єднуючись у вузлах, утворюють геометрично незмінну систему. При прикладанні зовнішніх навантажень у вузлах, елементи ферм сприймають тільки поздовжні зусилля стиску або розтягу. Якщо зовнішні навантаження утворюють моменти (при поза вузловому прикладанні зосереджених сил, при наявності вузлових ексцентриситетів або вузлових моментів), стержні працюють як позацентрово-стиснуті або позацентрово-розтягнуті.

На ефективність роботи ферми впливає ряд конструктивних параметрів, основні з яких було проаналізовано в роботі [1]: 1) статична схема ферми; 2) тип решітки; 3) висота та довжина ферми; 4) перерізи елементів.

Задача оптимізації конструкції ферм на практиці вирішується шляхом застосування рекомендацій, отриманих з досвіду їх експлуатації [2], або перевіркою кількох найбільш очевидних варіантів, що відрізняються одним чи кількома з наведених параметрів. Перший спосіб ґрунтується на узагальнених емпіричних даних та жодним чином не враховує особливостей конкретної конструкції, що проектується.

Якість оптимізації способом перебору різних варіантів конструкції значною мірою залежить від кількості таких варіантів та ширини охоплення можливих комбінацій конструктивних параметрів при їх створенні. Очевидно, що розв'язок задачі оптимізації в цьому випадку буде значною мірою залежати від досвіду проектувальника, на основі якого він обиратиме як самі конструктивні параметри, значення яких змінюватиметься, так і можливі значення даних параметрів. Такий підхід є доволі суб'єктивним та не гарантує включення до розгляду та порівняння варіантів конструкції з найбільш оптимальними параметрами, тобто знаходження глобального мінімуму обраної функції оптимізації.

Разом з тим традиційний спосіб порівняння кількох варіантів є досить трудозатратним, оскільки вимагає значних затрат часу проектувальника на створення якісних варіантів конструкції для розгляду. Навіть якщо сам розрахунок варіантів виконується автоматизованим способом з використанням розрахункових комплексів, побудова ряду моделей з різними значеннями конструктивних параметрів, аналіз та порівняння результатів їх розрахунку виконується вручну. Це робить оптимізацію багатьох типів металоконструкцій недоцільною з економічної точки зору, оскільки ефект від оптимізації при дрібносерійному виготовленні може виявитися меншим, ніж власне затрати на оптимізацію.

В даній роботі пропонується генерувати варіанти конструкції просторової металевої ферми автоматично з використанням стохастичного імітаційного моделювання. Воно набуло широкого поширення для розв'язку задач оптимізації в економіці, теорії управління, фізиці тощо [3].

Даний підхід використовує метод Монте-Карло для генерування випадкових значень конструктивних параметрів в заданих межах (для прикладу, типу решітки чи довжини різних

прольотів ферми), на основі яких створюється скінченно-елементна модель та виконується перевірка її тримкої здатності. Якщо одержаний варіант конструкції задовольняє вимоги міцності та жорсткості та при цьому дає менше значення цільової функції (найчастіше – маса чи собівартість ферми), то його приймають як локальний розв'язок.

Очевидно, що для одержання якісного результату необхідне проведення значного числа ітерацій в процесі імітаційного моделювання. Для забезпечення збіжності даного процесу встановлюють обмеження на максимальну кількість ітерацій чи на досягнення цільовою функцією певного значення.

Для реалізації описаного підходу за допомогою мови програмування Python було створено програму, яка виконує генерацію значень для обраних конструктивних параметрів просторової ферми методом Монте-Карло та виконує побудову скінченно-елементних моделей за згенерованими параметрами. Розрахунок одержаних моделей виконувався за допомогою програмного комплексу ЛІРА-САПР 2015 в лінійній постановці. Під час розрахунку враховувалися власна вага ферми та навантаження від покриття і їх розрахункові сполучення. Виконувався автоматичний підбір необхідних перерізів за граничними станами згідно вимог [4]. На основі отриманих перерізів виконувалася оцінка загальної маси ферми, мінімізація якої була обрана в якості цільової функції задачі оптимізації.

В результаті застосування описаного підходу до оптимізації конструкції просторової ферми з довжиною прольоту 30 м було досягнуто зниження загальної ваги конструкції на 6,78% при виконанні 1000 циклів імітаційного моделювання.

Серед недоліків даного методу слід вказати значну кількість обчислень, оскільки потрібно визначати значення цільової функції на кожному кроці, що вимагає побудови та розрахунку окремої скінченно-елементної моделі, та ймовірність того, що глобальний мінімум не буде знайдено за задану максимальну кількість ітерацій.

Слід також зазначити, що в роботі не враховувалися вимоги до модульності основних розмірів ферми, уніфікації її елементів та технологічності їх виготовлення. Дані особливості можуть суттєво підвищити собівартість виготовлення ферми в умовах конкретного виробництва та вплинути на результати оптимізації за критерієм мінімальної собівартості.

### **Література:**

1. Свідер В.С., Сорочак А.П. Дослідження впливу конструктивних параметрів на несучу здатність просторових ферм // Актуальні задачі сучасних технологій: збірник тез доповідей VIII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів (Тернопіль, 27-28 листопада 2019). – Т. 1. – С. 31-32.
2. Металеві конструкції / Ф.Є. Клименко, В.М. Барабаш, Л.І. Стороженко. За ред. Ф.Є. Клименка. – К.: Світ, 2002. – 191 с.
3. Зеленський К. Комп'ютерне моделювання систем / Кирило Зеленський. – К: Університет «Україна», 2014. – 315 с.
4. ДБН В.2.6-163:2010: Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 249 с.

УДК 631.354

Я.М.Кришталович

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ НА БАГАТОЦІЛЬОВИХ ВЕРСТАТАХ

Ya. M. Krishtalovich

### OPTIMIZATION OF CUTTING MODES ON MULTIPURPOSE MACHINES TOOLS

В процесі механічного оброблення на багатоцільових верстатах собівартість продукції складається з витрат на матеріал; витрат на оплату праці; відрахування на соціальні потреби; амортизацію основних фондів; інші витрати. Основна задача механічного оброблення досягнути необхідні показники якості деталі за мінімальних затратах живої або предметної праці. Величина цих показників багато в чому визначається режимами різання. Проектуючи технологічний процес можуть бути встановлені режими різання, які при необхідному забезпеченні параметрів точності зменшують основний технологічний час оброблення, збільшують витрату інструменту внаслідок зниження його стійкості. Це, в свою чергу, позначиться на величині поточних витрат. Отже, для організації раціональних умов оброблення необхідно виявити вплив технологічних чинників на параметри, що формують собівартість продукції.

Розглянемо методику раціональної організації процесу оброблення на прикладі програмно-комбінованої операції, що виконується на багатоцільових верстатах. У цих умовах собівартість оброблення можна визначити таким чином:

$$\sum_{i=1}^p C_{nep} = \sum_{i=1}^p (t_{0i} q_{3i} + t_{Ti} q_{1i} + t_y q_{1i} + t_{ynp} q_{2i} + C_{Hi})$$

де  $i$  - число переходів;

$t_{0i}$  - основний технологічний час  $i$ -того переходу,

$t_{Ti}$  - час технічного обслуговування,

- час установки і знімання деталі з верстата;

$q_i$  - величини, що враховують витрати, віднесені до 1 хв. роботи верстата на  $i$ -м переході;

$C_{Hi}$  - витрати на наладку верстата, віднесені до однієї деталі.

З приведеної залежності (1) виходить, що при незмінних  $t_T$ ,  $t_y$ ,  $t_{ynp}$  собівартість оброблення залежить від основного технологічного часу, який визначається режимами різання.

У залежності (1) для кожного переходу:

$$\begin{aligned} q_1 &= C_a + C_3; \\ q_2 &= C_a + C_3 + C_{ел.х} + C_p; \\ q_3 &= C_a + C_3 + C_{ел.р} + C_{ел.х} + C_p + C_i, \end{aligned} \quad (2)$$

де  $C_a$ ,  $C_3$ ,  $C_{ел.х}$ ,  $C_{ел.р}$ ,  $C_p$ ,  $C_i$  - витрати на амортизацію, заробітну плату, електроенергію, що витрачається на здійснення робочого  $i$ -ого переходу, , поточний ремонт обладнання, на ріжучий інструмент відповідно, віднесені до 1 хв. роботи верстата.

З умови мінімуму собівартості оброблення можна записати:



$$C_{\min} = \left\{ \frac{\partial C}{\partial v} = 0 \text{ і } \frac{\partial C}{\partial S} = 0 \right\},$$

де  $\partial C/\partial v$  і  $\partial C/\partial S$  — частині похідні собівартості оброблення за швидкістю різання і подачі.

Приведена залежність має безліч рішень, що означає можливість появи різних поєднань швидкостей різання  $v$  і подачі  $S$ , при яких собівартість буде мінімальною. У зв'язку з інваріантністю визначення мінімуму собівартості оброблення і зважаючи на відсутність раціональних методик підбору подачі і швидкості різання і за критерієм собівартості необхідно обмеження на поєднання режимів різання за максимальною потужністю верстата і шорсткістю оброблюваної поверхні.

Як приклад приведемо методику оцінки точності оброблення розточуваних отворів на окремих переходах програмно-комбінованої операції.

В процесі проектування переходів програмно-комбінованої операції необхідно вирішити завдання оптимізації швидкості різання  $v$  і подачі  $S$  за критеріями собівартості оброблення. Рішення цієї задачі дозволяє виявити зону пошуку раціональних режимів різання. Для цього розроблена математична модель що підсумовує поля допусків розмірів, що координують положення осі отвору, з врахуванням деформації центральної лінії отвору і поля допуску радіусу отвору в заготовці. Сумарна очікувана похибка в даному випадку розглядається у вигляді випадкової функції в різних точках обробленої поверхні отвору, значно звужуючи зону пошуку раціональних режимів різання. Такий підхід дає можливість точнішого рішення поставленої задачі і прогнозування точності при різних режимах різання. Отримані дані входять в модель оптимізації режимів різання.

На основі отриманих даних розробляємо узагальнений алгоритм пошуку оптимальних режимів різання який має наступні кроки: виявлення області пошуку оптимальних режимів різання; введення обмежень на область пошуку за потужністю і частотою обертання шпинделя; визначення очікуваної точності обробки.

В процесі розрахунку можливі два варіанти. Якщо очікувана похибка оброблення перевищує задану кресленням, то в математичну модель розрахунку точності оброблення вводяться методом перебору інші значення і з визначеної заздалегідь зони пошуку. Якщо розрахункове значення, що характеризує точність оброблення, не перевищує заданого, то слід розрахувати очікувану собівартість оброблення, яка матиме мінімальне значення.

На основі приведенного алгоритму розроблена програма в МATHCAD і проаналізовано процес оптимізації режимів механічного оброблення для двох параметрів на ЕОМ класу Pentium.

Отримані результати можна використовувати для вибору оптимальних режимів різання в процесі механічного оброблення.

#### Література:

1. Ярмоленко В. П. Про склад і класифікацію виробничих витрат // Бухгалтерія в с/г. - 2000. - №11.
2. Васильков В. Г. Організація виробництва: Навч. посібник. — К.: КНЕУ, 2003. — 524 с

УДК 628.8:624.04:644.1

А.О. Ларочкін, А.О. Пашко, І.В. Коваль канд. техн. наук, доц.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ БУДІВЕЛЬ

А.О. Larochkin, A.O. Pashko, I.V. Koval Ph.D., Assoc. Prof

### PROSPECTS FOR THE USE OF ENERGY EFFICIENT BUILDINGS

Загальновідомим є те, що українська економіка є однією з найбільш енергоємних у світі, а зважаючи на вичерпність світових запасів викопного палива, очевидним наслідком є існуюча тенденція до перманентного росту цін на енергоносії, тому логічним буде й підвищення попиту на досконалі енергозберігаючі рішення в усіх галузях економіки, а зокрема, в будівельній. З метою визначення та впровадження найбільш ефективних та раціональних підходів з енергоефективності виникає необхідність використанні необхідних нових матеріалів та знань відповідних спеціалістів. Акцентуючи увагу на енергоефективності, не варто забувати, що мова йде не лише про «енергозбереження», тобто економію енергії у повсякденному житті. На відмінну від енергозбереження, котре перш за все є зменшенням енергоспоживання, енергоефективність – раціональне витрачання енергії. Перш за все необхідним є розумне та умисне застосування енергетичних ресурсів, доступних кожному, задля їх дбайливого збереження у навколишньому середовищі та для наших нащадків. Енергозбереження не є можливим без змін в поведінці людей, наприклад, вимкнення електричних приладів замість переведення їх у режим очікування. Ефективне використання енергії в будівлі, веде до її економії і, як наслідок, захисту навколишнього середовища через зменшення споживання енергоресурсів і викидів небезпечних парникових газів. Енергоефективність та одночасне використання альтернативних джерел енергії – є двома головними стратегічними рішеннями багатьох країн задля зменшення викидів парникових газів у атмосферу. Згідно із рішеннями ООН, саме енергоефективні заходи можуть вплинути на процес сповільнення змін клімату швидше та дієвіше ніж переведення промисловості на «зелені» технології, оскільки не потребують настільки великих витрат, тому і для коректування теперішньої екологічної ситуації вона має важливе значення.

Енергетична ефективність будівлі – це властивість будівлі, її конструктивних елементів та інженерного обладнання забезпечувати протягом очікуваного життєвого циклу будівлі побутові потреби людини та оптимальні мікрокліматичні умови для її перебування та/або проживання у приміщеннях такої будівлі при нормативно допустимому (оптимальному) рівні витрат енергетичних ресурсів на опалення(охолодження та осушення), освітлення, вентиляцію та зволоження, кондиціонування повітря, гаряче водопостачання з урахуванням місцевих кліматичних умов. Тому шляхом використання різних будівельних та конструктивних систем і конструктивних схем можна регулювати енергетичну ефективність майбутньої будівлі. Для отримання будівлі із високим рівнем енергоефективності, зазвичай застосовують фасадну теплоізоляцію одного із трьох видів: з опорядженням штукатуркою або дрібноштучними виробами, з опорядженням індустріальними елементами, з опорядженням прозорими елементами.

#### Література:

1. ДБН В.2.6-31:2016 Теплова ізоляція будівель.
2. ДСТУ Б EN 15603:2013 Енергетична ефективність будівель. Загальне енергоспоживання та проведення енергетичної оцінки.
3. ДБН В.2.6-33:2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. вимоги до проектування, улаштування та експлуатації.

УДК 621.791.763

Н.М. Олексієнко

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ДЕФОРМУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ПІД ЧАС ТОЧКОВОГО ЗВАРЮВАННЯ

N.M. Oleksienko

### ANALYSIS OF THE PROCESS OF DEFORMING DETAILS DURING SPOT WELDING

Нагрівання та пластична деформація металу в зоні зварювання відносяться до термодформаційних процесів, які найбільш значимо впливає на стійкість процесу формування з'єднання і багато в чому зумовлюють його кінцеві результати, при чому відомості про процеси пластичних деформацій носять в основному самий загальний характер і практично відсутній їх математичний опис.

Пріоритетним в цьому плані є аналітичний опис термодформаційної рівноваги технологічного процесу точкового зварювання тонких пластин, який за своєю суттю є собою математичним описом фізичної моделі процесу формування з'єднання, або описом напружено-деформованого стану металу в зоні зварювання при формуванні точкового зварного з'єднання.

При цьому між тепловими та деформаційними процесами в зоні формування з'єднання повинно існувати певне рівноважне співвідношення, яке залежить від режиму зварювання, теплофізичних властивостей металу та геометричних параметрів деталей і електродів.

Технологічною операцією, яка першою виконується в будь-якому циклі контактного зварювання є зближення зварювальних поверхонь до зіткнення, оскільки підготовлені для зварювання деталі практично ніколи щільно не прилягають між собою. Обумовлено це тим, що між зварювальними деталями завжди є зазори. Вони є наслідком або викривлення деталей при виконанні технологічних операцій, які передують зварюванню, або дефектів складання деталей перед зварюванням, або попередньої деформації деталей безпосередньо в процесі виконання зварювання попередніх точок контакту тонких деталей.

У зближенні деталей, які зварюються до їх контакту необхідно виділити два основні фактори, які мають значний вплив, як на формування початкових контактів, так і на процес зварювання загалом:

- геометричний фактор, який є наслідком викривлення деталей при їх деформації в процесі зближення;
- силовий фактор, який є наслідком відхилення зусилля стиснення в контакті деталь-деталь від зусилля стиснення електродів.

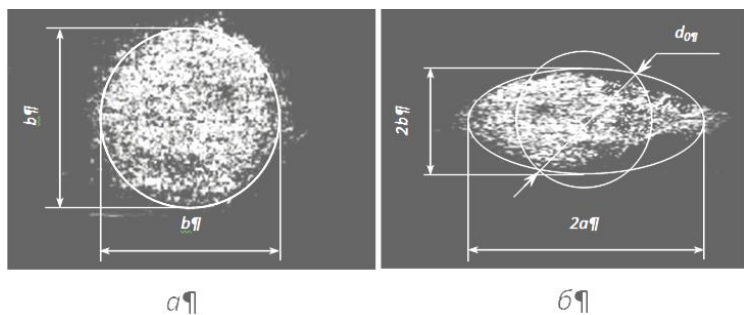


Рис. 1. Зміна форми контакту зварювальних деталей:  
а – без зазору; б – з зазором

Складне викривлення деталей при їх зближенні призводить, як до зменшення розмірів ядра, так і до спотворення його форми, а основною причиною цього є зміна форми контакту (рис. 1).

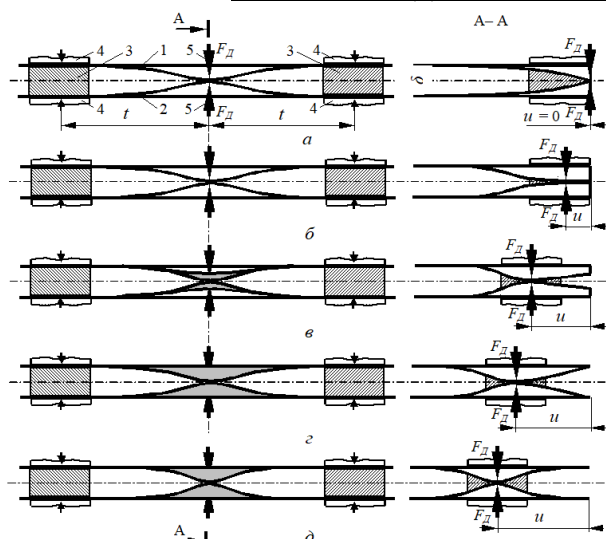


Рис. 2. Схема деформації зварювальних деталей: 1, 2 – деталі; 3 – прокладка, що регулює величину зазору  $\delta$ ; 4 – стискаючі струбцини;

Реальна деформація деталей, що зварюються в процесі їх зближення (рис. 2) є складним поєднанням ознак, близьких, як до чистого вигину пластини (рис. 2а), так і до чистого її прогину за типом мембрани (рис. 2д), при цьому перехід від першого її стану до другого відбувається плавно (рис. 2б, в, г) відносно ступеня збільшення відстані  $u$  від кромки напуску до центра електродів. Причому цей перехід відбувається тим швидше (за меншої величини  $u$ ), чим менше відстань  $t_{III}$  до точок опори вздовж напуску.

Дослідження впливу величини зазору  $\delta$ , кроку між точками  $t = 2 t_{III}$ , відстані від кромки напуску  $u$  і  $F_{CB}$  показали їх значну та неординарну залежність на розмір і форму початкового контакту, а форма контакту оцінюється коефіцієнтом форми  $k_\phi$ , який характеризує відхилення форми контакту від форми кола, тобто еліпсоїдної форми контакту. У цьому випадку реальний контакт приймається у формі еліпса, в якому взаємно перпендикулярні велика та мала осі контакту приймаються рівними  $2a$  і  $2b$ , рис. 2.2. Ці осі порівнюються з діаметром  $d_0$  умовного кола, площа якого дорівнює площі еліпса.

У цьому випадку коефіцієнт форми контакту визначається за залежністю

$$k_\phi = d_0/2b = 2a/d_0 = \sqrt{a/b}, \quad (1)$$

при цьому коефіцієнт форми контакту показує відносне відхилення форми контакту від кола. У всіх випадках прогину деталей за наявності зазору між ними контакт витягується уздовж осі, перпендикулярної лінії краю напуску.

Розрахункове визначення величини  $F_D$  можна визначити шляхом рішення відомого рівняння С. Жермен-Лагранжа, що описує прогин пластинки

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = \frac{q}{D}, \quad (2)$$

де  $w$  – величина прогину пластинки;  $x, y$  – координати;  $q$  – зовнішнє навантаження;  $D$  – циліндрична жорсткість листа

### Література:

1. Барановський В.М. Експериментальні дослідження контактного точкового зварювання деталей сільськогосподарських машин. Вісник ТНТУ. 2015. Т. 4 (80). С. 111–118.
2. Барановский В.Н. Методы применения контактной точечной сварки в сельскохозяйственном машиностроении. Lucrări științifice, UASM. Chișinău: Centrul editorial UASM, 2015. Vol.45. С. 191–195.
3. Барановський В.М. Експериментальні дослідження контактного точкового зварювання деталей сільськогосподарських машин. Науковий журнал. Вісник ТНТУ. Тернопіль, 2015. Т. 4 (80). С. 111–118.
4. Pulka Ch.V., Shably O.N., Baranovsky V.M., Senchishin V.S. Ways of updating the technology of induction surfacing of thin steel disk. The Paton WELDING JOURNAL. Kiev, E.O. Paton Electric Welding Institute of the NAS of Ukraine. May-June 2015. № 5-6/2015. Pg. 59–62.

УДК 628.8:624.04:644.1

О.М. Піняк, О.Г. Мацьків, І.В. Коваль канд. техн. наук, доц.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ БУДІВЕЛЬ

О.М. Pinyak, O.H. Matskiv, I.V. Koval Ph.D., Assoc. Prof

## ENERGY EFFICIENT OF BUILDINGS

Енергетична ефективність – співвідношення (коефіцієнт) або інший кількісний взаємозв'язок між отриманим результатом (вихідний показник), тобто між виконаною роботою, наданими послугами, товарами чи енергією і вхідним показником, тобто вхідним рівнем енерговитрат.

Енергоефективність, в цілому є пов'язаною з великою кількістю методів, що забезпечують можливість проживання в більш енергоефективних приміщеннях. Для прикладу, для комфортного проживання мешканців будинку зазвичай використовується енергія, переважна більшість якої витрачається на обігрів та вентиляцію повітря. Будівля, що використовує меншу кількість енергії для забезпечення тих самих умов комфорту є більш енергоефективною, що представлено в таблиці нижче.

Таблиця.

Класифікація будинків за енергетичною ефективністю

Клас енергетичної ефективності будинку за питомою енергопотребою	$[(EP-EP_{max})/EP_{max}] \cdot 100\%$
A	<-50
B	Від -49 до -10
C	Від -9 до 0
D	Від 1 до 25
E	Від 26 до 50
F	Від 51 до 75
G	>76

Для проведення оцінювання енергоефективності часто використовується «показник енергетичної ефективності», за допомогою якого проводиться оцінювання споживання або втрат енергетичних ресурсів.

Енергетична ефективність будівлі представлена загальним показником EP, який є результатом зваженої алгебраїчної суми поставленої та експортованої енергії кожним енергоносієм.

Загальний показник енергоефективності будівлі EP повинен визначатися за умовою:

$$EP \leq EP_{max},$$

де EP – розрахункова або фактична питома річна енергопотреба будівлі;

EP<sub>max</sub> – максимально допустиме значення питомої річної енергопотреби будівлі, кВт·год/м<sup>2</sup> або кВт год/м<sup>3</sup>, що встановлюють залежно від призначення будівлі, її поверховості та температурної зони експлуатації.

### Література:

1. ДСТУ Б EN 15217:2013 Енергетична ефективність будівель. Методи представлення енергетичних характеристик та енергетичної сертифікації будівель.
2. ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015 Енергетична ефективність будівель. Настанова з проведення енергетичної оцінки будівель.
3. ДБН В.2.6-31:2016 Теплова ізоляція будівель.
4. ДСТУ ISO 50002:2016 Енергетичні аудити. Вимоги та настанова щодо їх проведення.

УДК 681.5

Б.В. Сава, І.Р. Козбур, к.т.н., доц. В.Р. Медвідь

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРИВОДАМИ КРОКУЮЧОГО ШАСІ МОБІЛЬНОГО РОБОТА

B. Sava, I. Kozbur, Ph.D., Assoc. Prof., V. Medvid

### RESEARCH OF AUTOMATIC CONTROL SYSTEM OF DRIVES OF STEP MOBILE CHASSIS

Крокуючі шасі мобільних автономних роботизованих систем, у порівнянні з традиційними, забезпечує високу адаптацію до нерівностей опорної поверхні, принципово більшу маневреність, що допускає переміщення машини в довільному напрямку, повороти на місці, опорну прохідність по ґрунтах з низькою несучою здатністю. Крокуюча машина використовує закладені в принципі крокування можливі розв'язки руху корпусу машини в залежності від дороги. За рахунок зміни руху стоп щодо корпусу крокуюча машина може забезпечити рівномірний і прямолінійний рух корпусу машини при переміщенні по поверхні з нерівностями, що досягають величини дорожнього просвіту машини.

Розглянемо проблему стабілізації руху крокуючого апарата (рис. 1) з метою забезпечення заданої програмної кінематики. Досліджується модель, у якій масивний корпус опирається на ноги, що не мають маси. Керування здійснюється за допомогою моментів, що діють у шарнірах ніг.

Нехай  $OXYZ$  – головні центральні осі інерції корпусу. Положення осей  $OXYZ$  щодо абсолютних  $O_1\xi\eta\zeta$  будемо характеризувати координатами центра мас апарата  $\xi\eta\zeta$  і кутами  $\varphi, \theta, \gamma$  (рис. 1). Обрані кути визначають положення корпусу відносно нерухомо орієнтованих осей з початком у центрі мас. Проекції  $\omega_x, \omega_y, \omega_z$  вектора кутової швидкості корпусу на осі  $OXYZ$  пов'язані формулами:

$$\dot{\phi} = (\omega_z \cos \gamma - \omega_x \sin \gamma) / \cos \theta; \quad \theta = \omega_x \cos \gamma - \omega_z \sin \gamma; \quad \gamma = \omega_y - \phi \sin \gamma \quad (1)$$

рівняння руху корпусу приймають вигляд

$$m\ddot{\xi} = \sum_i N_{i\xi} + F_\xi; \quad m\ddot{\zeta} = \sum_i N_{i\zeta} + F_\zeta; \quad m\ddot{\eta} = \sum_i N_{i\eta} + F_\eta; \quad A\dot{\omega}_x = M_x - (C - B)\omega_x\omega_z; \\ B\dot{\omega}_y = M_y - (A - C)\omega_z\omega_x; \quad C\dot{\omega}_z = M_z - (B - A)\omega_x\omega_y. \quad (2)$$

де  $N_i = (N_{i\xi}, N_{i\eta}, N_{i\zeta})$  – реакція поверхні в точці опори;  $F$  – рівнодіюча всіх інших сил, прикладених до апарата;  $m$  – маса;  $A, B, C$  – моменти інерції корпусу;  $M = (M_x, M_y, M_z)$  – вектор моменту щодо центру мас всіх сил, прикладених до апарата:

$$M = \sum_i r_{ci} * N_i + M_F; \quad (3)$$

де  $r_{ci}$  радіус-вектори точок опори;  $M_F$  – момент сил, що не є реакціями опори.

Прийmemo, що кожна нога складається із двох ланок – стегна та гомілки, має одноступінчатий шарнір у коліні й двоступеневий шарнір у точці підвісу стегна до корпусу. Кут у коліні між гомілкою й стегном позначимо через  $q$ , кут між негативним напрямком осі  $OZ$  і стегном – через  $\beta$ , а кут між віссю  $OX$  та проекцією стегна на площину  $OXY$  – через  $\alpha$  (мал. 1). Для визначення реакції поверхні в точці опори маємо вирази:

$$N_x = \frac{M_\alpha \cos \alpha}{L^S} + \frac{M_\alpha L_S - M_q L^S}{l_1 l_1 \sin q} \cos q; \quad N_y = -\frac{M_\alpha \cos \alpha}{L^S} + \frac{M_\beta L_S - M_q L^S}{l_1 l_1 \sin q} \sin \alpha; \\ N_z = -\frac{M_\beta L_C - M_q L^C}{l_1 l_1 \sin q} \quad (4)$$

у яких відповідно  $M_\alpha, M_\beta, M_q$  – керуючі шарнірні моменти;

$$L^S = l_1 \sin \phi - l_2 \sin \beta; \quad L_S = l_1 \sin \phi; \quad L^c = l_1 \cos \phi - l_2 \cos \beta; \quad L_C = l_1 \cos \phi. \quad (5)$$

$l_1$  - довжина гомілки;  $l_2$  - довжина стегна;  $\varphi = q + \alpha - \beta$  – кут між гомілкою й негативним напрямком осі  $OZ$  (мал. 1).

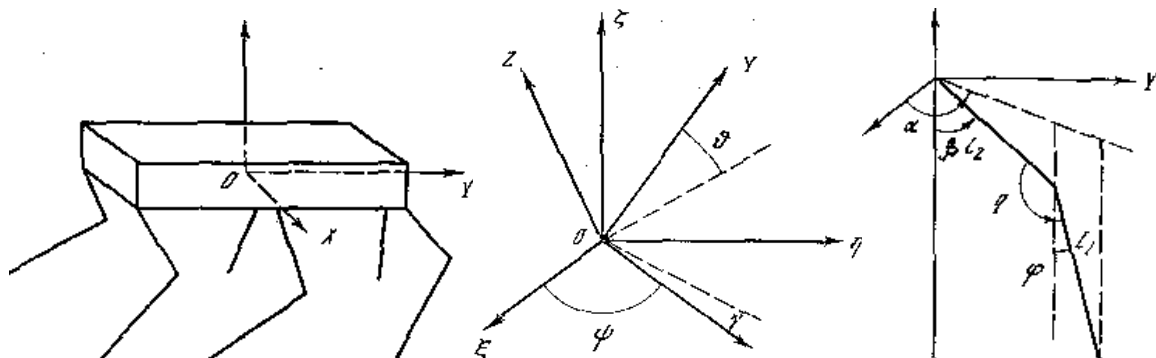


Рис. 1 – Модель та кінематика крокуючого апарату. Кутові характеристики корпусу

Узагальнені координати апарату  $Q$  визначаються за допомогою чисельного інтегрування рівнянь (2) з врахуванням (3) і (4). Таким шляхом здійснюється імітація реального руху корпусу апарату й перевірка ефективності алгоритму керування.

Завдання керування корпусом апарату сформулюємо в такий спосіб. Нехай у фазовому просторі ( $Q$ ) узагальнених координат і швидкостей корпусу задана програмна крива. Потрібно за рахунок керування шарнірними моментами ніг, що перебувають в опорній фазі, забезпечити вихід фазових координат на програмну криву.

$$Q_H = Q_H(t), \quad \dot{Q}_H = \dot{Q}_H(t). \quad (6)$$

Рівняння руху (1), (2) можна записати у вигляді похідних другого порядку від узагальнених координат

$$\ddot{Q} = f(Q, \dot{Q}, N, M, W) \quad (7)$$

де через  $W$  позначені всі реальні збурювання, що діють на апарат. Під збурюванням  $W$  розуміємо, наприклад, відхилення геометричних параметрів, ваги й моментів інерції корпусу від розрахункових значень, помилки визначення напрямку й початку головних центральних осей інерції, помилки відпрацювання керуючих моментів двигунами, невідомі зовнішні сили, що діють на апарат, і т.д. Позначимо

$$u = f(Q, \dot{Q}, N, M, 0) \quad (8)$$

$$v = f(Q, \dot{Q}, N, M, W) - f(Q, \dot{Q}, N, M, 0) \quad (9)$$

Таким чином, являє собою праву частину дозволених щодо других похідних рівнянь руху за умови, що збурювання відсутні, відповідно рівняння (7) приймає вигляд:

$$\ddot{Q} = u - v$$

У подальшому отримуємо лінеаризовану математичну модель, що описує динаміку гідроприводу ноги крокуючої машини (КМ). У гідроприводі використані розподільники із пропорційним керуванням, насос із LS-керуванням (load sensing – чутливий до навантаження) та гідроциліндри.

Моделювання гідроприводу, базується на методах простору станів.

УДК 621.91

Р.А.Склярів, к.т.н., доц.; Д.А.Приходай

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ОБРОБКИ НА МЕТАЛОРИЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТАХ

**R. Skliarov, Ph.D., Assoc. Prof., D. Prykhodai**

### **METHODS FOR INCREASING THE MACHINING ACCURACY OF METAL CUTTING MACHINES**

В останні роки все більше уваги приділяється питанням підвищення точності та продуктивності обробки на металорізальних верстатах. Фахівці в даній галузі вважають що це комплексна проблема, вирішення якої пов'язане з покращенням якості металорізального обладнання що виготовляється, а також технологічних пристосувань та інструментів.

Вдосконалення методів розрахунку конструкцій, використання сучасних матеріалів, широке застосування прогресивної технології обробки та складання деталей і вузлів, сприяють підвищенню якості обладнання на стадіях його проектування та виготовлення. Внаслідок цих заходів можна досягнути належних показників жорсткості верстатів та їх робочих органів, вібростійкості та точності взаємного розташування виконавчих поверхонь. У процесі експлуатації металорізального обладнання дані показники слід підтримувати в заданих межах, для цього слід використовувати науково обгрунтовану систему профілактики, технічного обслуговування та ремонту верстатів.

Широке впровадження засобів автоматизації та використання робототехнічних систем дозволяє підвищити продуктивність та точність обробки. Не останню роль при цьому відіграє автоматизація вантажно-розвантажувальних робіт, контрольно-вимірювальних та транспортних операцій на верстатах. Але ці заходи не можуть виключити вплив на точність оброблюваних деталей таких факторів як зношення різального інструменту, температурні, пружні та контактні деформації технологічної системи верстата. Тому на верстатах застосовуються системи активного контролю, засоби керування пружними переміщеннями технологічної системи верстат-деталь та різноманітні системи автоматичного підналагодження.

Прилади активного контролю дозволяють контролювати розмір оброблюваної деталі в режимі реального часу. Коли досягаються необхідні розміри ці прилади автоматично змінюють режими різання, а при досягненні номінального розміру подається команда на зупинку верстата. Такі прилади отримали широке застосування в шліфувальних та хонінгувальних верстатах, де відбувається інтенсивне зношення ріжучого інструменту та потрібна підвищена точність обробки.

Адаптивна система керування верстатами забезпечує керування пружними переміщеннями на верстаті. Вона дозволяє в процесі обробки змінювати режими різання залежно від заздалегідь вибраного критерію точності. Ця система дозволяє забезпечити постійність пружних переміщень технологічної системи верстата за рахунок розмірного підналаштування або автоматичної зміни швидкості різання, величини подачі і геометрії різального інструменту. Дана система переважно застосовується на токарних та фрезерних верстатах.

При використанні систем автоматичного підналагодження зростає точність обробки, оскільки контроль розмірів деталей здійснюється поза зоною різання на спеціальних вимірювальних пристроях. Дані системи дозволяють періодично коригувати положення ріжучого інструменту відносно оброблюваної деталі, їх застосовують на токарних, фрезерних, розточувальних та інших верстатах.



УДК 631.356.46: 519.876.5

М.Я. Сташків, к.т.н., доц.; І.І. Борис, Р.О. Булаєнко, В.О. Булаєнко  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ РОБОЧИХ ОРГАНІВ КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНИХ МАШИН З ГРУНТОМ

**M. Stashkiv, Ph.D., Assoc. Prof.; I. Borys, R. Bulaienko, V. Bulaienko**  
**METHODS OF INVESTIGATION OF POTATO HARVESTING MACHINES WORKING  
BODIES INTERACTION WITH SOIL**

Теоретичні та експериментальні дослідження технологій і машин (пристроїв) для збирання картоплі, їх виробничі випробування є невід'ємною частиною процесу створення картоплезбиральної техніки. Це пов'язано з вагомою часткою ресурсозатрат у механізованих процесах збирання картоплі, які складають близько 60-70 % [1].

Удосконалення технологій та машин з метою забезпечення оптимальних техніко-економічних показників відбувається постійно, тому до актуальних завдань розвитку вітчизняної картоплезбиральної техніки належить розробка та виробництво картоплезбирального комбайна, адаптованого до сучасних вітчизняних виробничих та економічних вимог [1, 2].

На техніко-економічні показники машин для викопування картоплі суттєво впливає багато параметрів, таких як властивості ґрунту, форма та швидкість руху робочих органів, глибина обробки ґрунту та ін. Тому одним із основних завдань дослідників системи «ґрунт-машина» є вивчення складних взаємодій робочого інструменту та ґрунту з метою підвищення ефективності подрібнення ґрунту та мінімізації питомого тягового опору. Через просторову непостійність фізико - механічних властивостей ґрунту, його нелінійну поведінку, контактні та зсувні явища, що виникають на межі поділу «знаряддя – ґрунт», моделювання взаємодії у цій системі є складною науковою проблемою.

У моделюванні взаємодії системи «ґрунт-інструмент» традиційно застосовують аналітичні та експериментальні методи досліджень. Але аналітичні чи напіваналітичні методи, засновані на теорії пасивного тиску на землю або на класичній механіці ґрунтів, доволі громіздкі та, як правило, обмежені припущеннями про фізико-механічні властивості ґрунту і характер його руйнування та простою геометрією інструменту.

Дослідження за допомогою польових випробувань мають перевагу в тому, що вони дозволяють відображати реальне польове середовище, але мають багато недоліків, таких як висока вартість системи приладів, значні затрати часу та робочої сили, низька відтворюваність, обмеженість простору та вплив факторів навколишнього середовища.

Недоліків польових випробувань можна уникнути застосовуючи різноманітні напівнатурні випробування, наприклад, в умовах ґрунтового каналу, перевагою якого є легкість контролю параметрів та умов випробування. Однак і у таких дослідженнях є серйозний недолік – важко забезпечити фактичні польові характеристики ґрунту.

Тому все частіше дослідники звертаються до дослідження взаємодії у системі «ґрунт-інструмент» за допомогою чисельних методів на основі цифрового моделювання, які дозволяють досліджувати складну геометрію інструменту та динамічні атрибути ґрунту і є альтернативою існуючим аналітичним методам.

Найчастіше дослідники застосовують метод скінченних елементів (МСЕ або FEM – Finite Element Method) для вирішення задач механіки та гідрогазодинаміки та метод дискретних елементів (МДЕ або DEM – Discrete Element Method / Modeling) і метод гідрогазодинаміки згладжених частинок (СПН – Smoothed Particle Hydrodynamics) для дослідження поведінки систем з дискретними частинкам [3].

У методі скінченних елементів (FEM) вважається, що ґрунт є неперервним середовищем, і більшість досліджень обмежуються проблемами малих переміщень через проблеми моделювання, пов'язані з викривленням сітки.

В класичній механіці ґрунтів поведінка ґрунту під навантаженням зазвичай вважається жорстко-пластичною. І хоча моделювання методом кінцевих елементів дозволяє враховувати пружно-пластичну або в'язко-пружну поведінку ґрунту, цей метод все ж таки погано відображає реакцію ґрунтових частинок.

Іншим чисельним методом, який не так давно почали використовувати для дослідження взаємодії системи «ґрунт-інструмент» та моделі руйнування ґрунту, є дискретно – елементне моделювання (DEM). Цей метод дозволяє врахувати неоднорідність ґрунту та велике зміщення ґрунтових часток при взаємодії інструменту з ґрунтом, дослідити динамічну поведінку мікроелементів ґрунту (наприклад, сили та зсуви кожної частинки ґрунту та зерна ґрунту) та його макро- характеристики, такі як сили зсуву ґрунту та подрібнення під час обробки ґрунту.

Загалом DEM дозволяє аналізувати кінематику взаємодії робочих органів з частинками ґрунту (вільний рух частинок, рух частинок при їх контактній взаємодії, рух частинок по робочій поверхні, рух робочих поверхонь з ступенями вільності); динаміку взаємодії робочих органів з частинками ґрунту (сили, що діють на частинки у вільному русі, при взаємодії групи частинок, зусилля на поверхнях робочих органів); поведінку багатофазових середовищ з врахуванням сил когезії та адгезії; процеси зношування робочих поверхонь знарядь та деформації (руйнування) ґрунтових об'ємів. Суттєвим обмеженням застосування DEM є необхідність використання надзвичайно великих розрахункових потужностей, що зумовлено моделюванням взаємодії великого об'єму частинок малого розміру та складної форми. Для прикладу, на рис. 1 показано DEM взаємодії лемеша картоплезбирального комбайна з ґрунтовим гребенем.

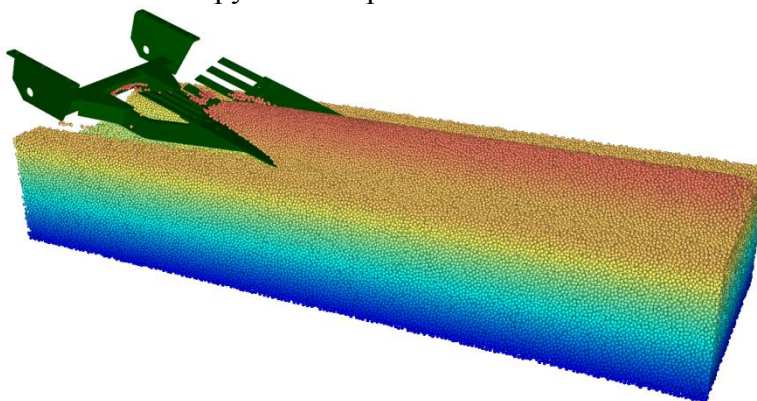


Рис.1. Моделювання взаємодії лемеша картоплезбирального комбайна з ґрунтовим гребенем (тип частинки – сфера діаметром 10 мм)

#### Література:

1. Гевко, Р. Б. Підвищення техніко-економічних показників машин для збирання картоплі / Р. Б. Гевко, С. В. Синій, О. В. Гундзик // Український журнал прикладної економіки. – 2016. – Том 1. – № 1. – С. 39-49. – ISSN 2415-8453.
2. Булаєнко Р. Обґрунтування конструкції малогабаритного картоплезбирального комбайна / Р. Булаєнко, В. Булаєнко // Мат. IV студ. наук.-техн. конф. «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання» – Тернопіль: ТНТУ, 2021. – С. 41 – 42.
3. Шашків М.Я. Застосування цифрової симуляції для дослідження процесів масообміну в аграрному виробництві / М.Я. Шашків, І.М. Підгурський, А.Й. Матвійшин // Проблеми теорії проектування та виготовлення транспортно-технологічних машин: зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. присвячена пам'яті професора Гевка Б.М. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2021. – С. 59 - 60.

УДК 621.865

П.С. Федорів, І.П. Федорів

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУМИННОГО ЛІНІЙНОГО ПРИВОДУ ТИПУ СТАКАН

Petro Fedoriv, Ihor Fedoriv

### INVESTIGATION OF LINEAR JET DRIVE OF GLASS TYPE

Захоплення деталей в автоматичними маніпуляторами найчастіше здійснюється механічними захоплювачами, конструкції яких складаються з важільних передавальних механізмів із приводом. В якості останніх можливе використання струминних силових елементів.

Розглянемо розрахунок силових характеристик струминних приводів на прикладі приводу односторонньої дії типу «стакан» [1]. Струминний привід (рис.1) містить стакан 1 з отворами 2 на торці, елемент кріплення 3 з отвором 4 для підведення робочого середовища, який з стаканом 1 утворює нагнітаючу камеру 5. Стакан 1 знаходиться в порожнині поршня 6, утворюючи робочу камеру 7. До стакана 1 закріплюється конічна вставка 8, шайба 9 і піддатливий елемент 10 утворюючи торцеву камеру 11. Між зовнішньою фаскою циліндричного стакана 1 і внутрішньою фаскою конічної вставки 8 утворюється регульована кільцева конічна щілина 12 ( $h_{щ}$ ) для виходу робочого середовища з нагнітаючої камери 5 через торцеву камеру 11 в атмосферу

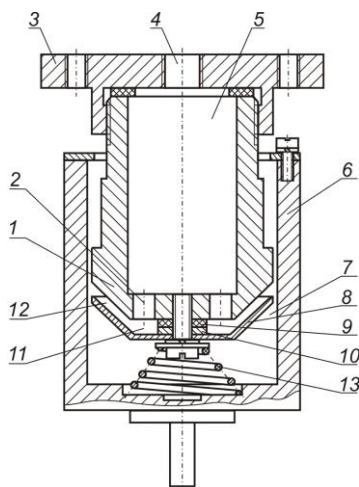


Рисунок 1. Струминний привід типу «стакан»

Вантажопідйомність привода визначається силою притягування поршня  $F_{np}$  струминним елементом, яка пропорційна величині розрідження  $P_e = P_a - P_{кр}$  на торці конічної тарілки (силою в'язкого тертя потоку повітря до поверхні об'єкта маніпулювання можна знехтувати):

$$F_{np} = (P_a - P_{кр}) \frac{\pi d_n^2}{4},$$

де  $P_a$  – атмосферний тиск,  $P_{кр}$  – абсолютний тиск у камері розрідження;  $d_n$  – внутрішній діаметр поршня.

У зв'язку з високою точністю центрування циліндра кільцевим потоком повітря приймемо, що його вісь лежить на осі струминного елемента, а величина кута нахилу щілини до його осі не перевищує 30°. Для визначення абсолютного тиску  $P_k$  в камері привода, який забезпечує необхідну величину тиску  $P_{кр}$ , використовується рівняння імпульсів сил для

вихідних перерізів кільцевої конічної щілини та кільцевого зазору, утвореного циліндричними поверхнями стакана та поршня.

Із метою визначення оптимальної величини кільцевого зазору  $h_3=(d_n-d_{cm})/2$  між циліндричними поверхнями стакана та поршня, при якому присмоктуюча сила досягала максимуму, проведено експериментальні дослідження струминного приводу. Результати дослідження приводу з параметрами  $d_{cm}=45\text{мм}$ ,  $l_{щ}=0,6\text{мм}$ ,  $\alpha=15^\circ$ ,  $l_3=10\text{мм}$  при надлишковому тиску живлення  $P_{кн}=300\text{кПа}$ , показані на рис.2

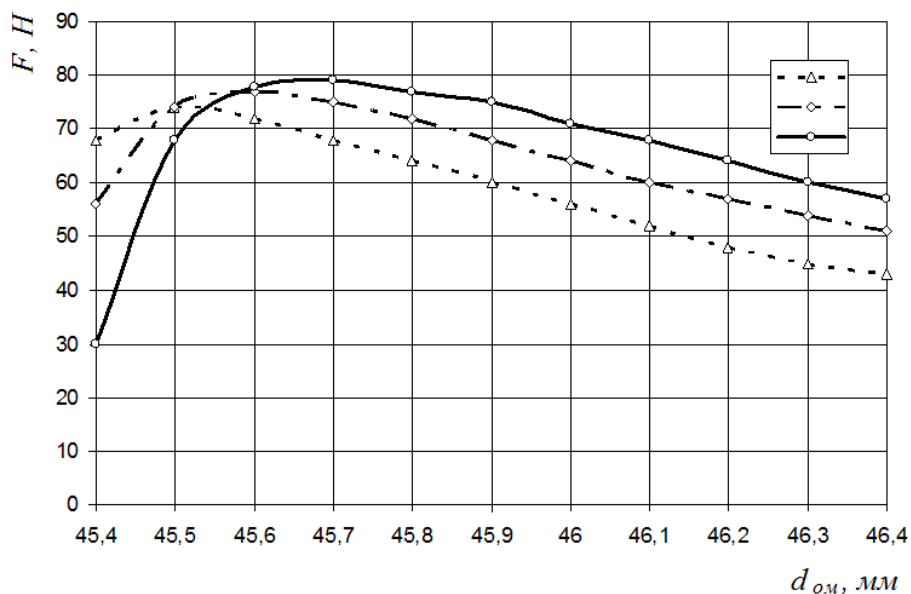


Рисунок 2. Залежність присмоктуючої сили  $F$  від діаметру  $d_n$  внутрішньої циліндричної поверхні поршня:  
 1-  $h_{щ}=0,08\text{мм}$ , 2 –  $h_{щ}=0,1\text{мм}$ , 3 –  $h_{щ}=0,12\text{мм}$ .

Аналіз дослідних кривих показує, що оптимальне співвідношення між  $h_{щ}$  і  $h_3$  становить  $h_3/h_{щ}=3\dots 3,4$ . Експериментальні дослідження впливу кута нахилу кільцевої щілини  $\alpha$  на силові характеристики струминного приводу показали, що при  $\alpha < 20^\circ$   $F(\alpha)=F_{max}=const$ .

Запропонована конструкція забезпечить високу питому потужність і надійність роботи струминного приводу. Такий привід може використовуватись в якості приводу затискних пристроїв а також як робочий орган піднімально-транспортних механізмів.

### Література:

1. Патент 32225А Україна, МКВ F 15B 15/22. Виконавчий пневмоциліндр/ Я.І.Проць, В.Б.Савків, О.А.Данилюк, Т.Б.Лобур, П.С.Федорів, І.Р.Козбур. №99010295; Заявлено 20.01.99; Опубл. 15.12.00; Бюл. № 7-11.
2. Проць Я., Федорів П. Оптимальні параметри струменевих силових елементів приводів захоплювачих пристроїв. Збірник тез доповідей XV наукової конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, 2011, 52с.
3. Проць Я., Федорів П., Цяпута Ю. Дослідження силових характеристик струминного приводу типу стакан. Збірник тез доповідей XVII наукової конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, 2013, с. 56-56.

УДК 531.374

А.І. Швець

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## ТЕХНОЛОГІЧНА СПАДКОВІСТЬ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

A.I. Shvets'

### TECHNOLOGICAL HERITAGE IN THE MANUFACTURE OF MACHINE PARTS

Під спадковістю в технології машинобудування в наш час розуміють явище переносу властивостей оброблюваного об'єкта від попередніх операцій та переходів до наступних, яке надалі позначається на експлуатаційних властивостях деталей машин. Носіями спадкової інформації є оброблюваний матеріал та поверхні деталі. Носії інформації беруть активну участь у технологічному процесі, проходячи через різні операції й переходи, зазнаючи впливу технологічних факторів.

Технологічна спадковість завжди проявляється як об'єктивна реальність функціонування технологічних систем. Якщо аналізувати процес спадковості за всіма можливими показниками, то такий аналіз не лише вимагатиме величезного часу, а й виявиться у багатьох випадках позбавленим практичної доцільності. При аналізі, як правило, обмежуються кількома основними показниками якості, які визначають службове призначення виробу.

Першочергову увагу звертають на матеріал деталей з подальшим розглядом еволюції його властивостей, спадковості конструктивних форм деталей у основному матеріалі та у поверхневих шарах. Однак у всіх випадках алгоритм визначення спадкових зв'язків виявляється єдиним.

Сучасний розвиток науки про природу матеріалів та методи виготовлення з них заготовок та деталей машин дозволяє виготовляти деталі та механізми високої якості. Водночас у цій роботі необхідний облік різноманітних спадкових технологічних зв'язків та насамперед зв'язків властивостей матеріалів. Якщо не вживати необхідних заходів для ліквідації передавання шкідливих спадкових якостей від попередніх технологічних операцій до наступних, якість виробів постійно знижується. Дефекти вихідних заготовок та їх матеріалів виникають ще металургійному виробництві, мають спадковий характер. Якщо ж їх не ліквідувати на початковому етапі технологічного процесу виготовлення заготовки, тоді вони проявлятимуться і у готовому виробі.

У технологічному процесі виготовлення деталі існують свого роду перешкоди. Деякі технологічні фактори подолати ці перешкоди не можуть, і в такому випадку їх вплив на кінцеві властивості об'єкта відсутній. Інші фактори так звані перешкоди проходять, але при цьому значно втрачають свою початкову силу і практично не впливають на кінцеві властивості деталей. Найбільш суттєвим «бар'єром» є термічні операції, а також операції, що супроводжуються поверхневим деформуванням і зміцненням, оскільки вони змінюють мікроструктуру оброблюваного матеріалу, мікрогеометрію поверхні, що формується, приводять до короблення деталі та викривлення її форми. У ході цих операцій різні дефекти поверхні, такі, як структурна неоднорідність, пори, мікротріщини, можуть розвиватися або зупинятися. Отже, процесом технологічної спадковості можна керувати для того, щоб фактори, які позитивно впливають на якість деталі, зберегти протягом усього технологічного процесу, а фактори, які впливають негативно – ліквідувати на їх початку.

#### Література:

1. Барановський В.М., Соломка В.О., Онищенко В.Б. Вибір параметрів при конструюванні гвинтового конвеєра. Вісник ХДТУСГ. 2001. Т.2. № 8. С. 209 – 215.

УДК 621.91

В. С. Якубовський

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ ОТРИМАННЯ РОЗМІРІВ ПРИ ФРЕЗЕРУВАННІ

V. S. Yakubovskyi

### INVESTIGATION OF THE DIMENSIONAL ACCURACY OBTAINED BY MILLING

Механічне оброблення деталей супроводжується впливом багатьох факторів, які мають ймовірнісну природу і залежать від припуску на обробку, нестабільності режимів різання, фізичних властивостей матеріалу заготовки, характеристик системи ВПД тощо [1]. Тому розміри деталі, обробленої методом автоматичного отримання розмірів також носять випадковий характер.

Очікувану точність механічного оброблення деталі встановлюють статистичним або розрахунково-аналітичним методом.

Статистичний метод базується на теорії ймовірностей і математичної статистики. Він широко застосовується в машинобудуванні. Розрахунково-аналітичний метод заснований на виявленні причин виникнення похибок у процесі обробки та встановленні закономірності зменшення цих похибок при наступній обробці [2].

Статистичний метод дослідження не дозволяє виявити вплив усіх факторів на точність обробки та встановити причини виникнення похибок. Він оцінює комплексний вплив усіх факторів. До переваг методу слід віднести можливість оцінювання точності обробки у виробничих умовах без проведення спеціальних досліджень [2].

В залежності від мети і з урахуванням можливості проведення вимірювань, оцінку точності проводять за однією реалізацією з використанням теорії випадкових величин або за кількома реалізаціями з використанням теорії випадкових функцій (випадкових процесів).

В процесі роботи проводиться дослідження точності обробки деталей на металообробному верстаті. Після обробки партії деталей упродовж однієї зміни на попередньо налаштованому верстаті здійснювали вибір певної кількості деталей для контролю розмірів.

Досліди проводилися на вертикально-фрезерній операції, яка виконується на вертикально-фрезерному верстаті з ЧПК моделі 6P13Ф3. На цій операції проводиться фрезерування одинадцяти бобишок в розмір 24,5<sub>-0,5</sub>. Рівень фактичного налаштування верстата було проведено на середину поля допуску розміру деталі, тобто в розмір 24,25 мм.

В результаті вимірів 50 деталей було встановлено, що максимальний фактичний розмір становив 24,48 мм, а мінімальний 24,12 мм. Тобто всі деталі виявились кондиційними, а відхилення розміру від фактичного налаштування склали:  $x_{\max} = 230$  мкм;  $x_{\min} = -130$  мкм.

Результати дослідження були оброблені на ПЕОМ і проаналізовані. Основною метою аналізу розподілу точності обробки партії деталей є прогнозування ймовірної кількості бракованих і придатних деталей на досліджуваній операції.

#### Література:

1. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б., Гевко Ів. Б. Технологія оброблення корпусних деталей : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 156 с.
2. Міренський І. Г. Основи технології машинобудування : навч. посіб. Харків : ХНАМГ, 2007. 275 с.: веб сайт. URL: [http://eprints.kname.edu.ua/3223/1/%D0%93%D0%9B%D0%90%D0%92%D0%90\\_1.doc](http://eprints.kname.edu.ua/3223/1/%D0%93%D0%9B%D0%90%D0%92%D0%90_1.doc) (дата звернення: 04.10.2021).

**УДК 656.02**

**М.В. Бабій, канд. техн. наук; П.І. Лачук**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ЕТАПИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ УКРАЇНИ**

**M. Babii, Ph.D.; P. Lachuk**

### **STAGES OF MODERNIZATION OF THE TRANSPORT SYSTEM OF UKRAINE**

Відомим фактом є те, що Україна займає дуже вигідне географічне розташування. Наша держава є тим «перехрестям», з якого можна звернути практично в будь-який куточок нашого континенту: зі Східної Європи чи Азії можна переміститися в Центральну або Західну Європу; зі Скандинавії, Балтійського регіону можна прямувати в Чорноморський регіон тощо.

Тепер, міркуючи з економічної точки зору, цим не можна не скористатися для отримання певного прибутку до бюджету держави. Але, щоб цей механізм добре запрацював і давав свої дивіденди, потрібно цю транспортну галузь зробити привабливою для споживачів. Тут метою повинно бути: Українська транспортна система – невід’ємна частина Європейського і світового транспортно-економічного простору.

Для реалізації цієї мети потрібно ґрунтовно модернізувати транспортну систему України. Найперше, мають бути механізми швидкого переходу національної транспортної системи до можливості обслуговування зовнішніх транспортних перевезень. А найкращим варіантом було б використання таких міжнародних перевезень українськими транспортними компаніями. Наш сектор потрібно перебудувати так, щоб була можливість та економічна доцільність закордонному перевізнику продовжити доставку вантажу чи пасажирів потужностями українського перевізника. Тут мова йде не тільки про автомобільний транспорт, а й залізничний, водний і т.д.

Досягнути цього можна шляхом використання капітального оновлення транспортного парку, інфраструктури його обслуговування, приведення до одних стандартів систем навігації та контролю за транспортними потоками. І звичайно ж цінова політика тарифів на перевезення має бути конкурентною.

Тому нам варто демонополізувати, наприклад, залізничні перевезення; відновлювати та розвивати водний транспорт; підвищувати якість дорожнього покриття та інфраструктуру обслуговування на ключових напрямках вантажо-, пасажиропотоків; співпрацювати з міжнародними перевізними компаніями та приймати участь у розробці міжнародних нормативних документів щодо функціонування транспортної системи.

#### **Література:**

1. Логвинова Н. В. Шляхи розвитку транспортної системи України. 2016. URL : <http://www.dspace.onua.edu.ua/bitstream/handle/11300>.
2. Логутова Т. Г., Полторацький М. М. Сучасний стан транспортної інфраструктури України. Теоретичні і практичні аспекти економіки та інтелектуальної власності. 2015. Вип. 2 (12). Т. 2. С. 8–14.
3. Бабій М.В., Кучвара І.М. Ключові проблеми безпеки дорожнього руху в Україні. Безпека дорожнього руху: правові та організаційні аспекти : матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції. Кривий Ріг, 2017. С. 14–16.

УДК 656.089

Н.Ю. Даньків, О.В. Боцюрко

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ДОТРИМАННЯ ГАБАРИТНО-ВАГОВИХ НОРМ – ЗАПОРУКА БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

N.Yu. Dankiv, O.V. Botsiurko

### COMPLIANCE WITH OVERVIEW AND WEIGHT NORMS – GUARANTEE OF ROAD SAFETY

Життя та здоров'я людей є однією з найважливіших цінностей сучасної правової держави. Тому докладається багато зусиль, щоб громадяни жили в безпеці. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, дорожньо-транспортні травми є однією з найбільших проблем зі здоров'ям. На жаль, як неодноразово зазначали експерти Всесвітньої організації охорони здоров'я, Україна має одну з найбільших у Європі кількість жертв на дорогах, а рівень безпеки дорожнього руху все ще надзвичайно низький.

Проблемою забезпечення безпеки дорожнього руху в останні декілька десятиліть займалися різні науковці: С.М. Гусаров, О.В. Кузьменко, М.М. Долгополова, С.Г. Братель, В.Ю. Кікінчук та багато інших. Проте, незважаючи на велику кількість наукових розробок, все таки відсутнє комплексне дослідження, присвячене питанню забезпечення безпеки дорожнього руху та дотримання вагових норм.

За роки незалежності на дорогах України сталася значна кількість дорожньо-транспортних пригод. Це частково зумовлено збільшенням кількості автомобілів на дорогах країни. Згідно з організації з аналізу інформації AUTO-Consulting, якщо в 1991 році в Україні було лише 58 автомобілів на 1000 жителів, то до 2021 року ця кількість зросла в чотири рази і тепер досягає 256 автомобілів на 1000 мешканців України [1].

Значна кількість ДТП стається через недотримання вагових норм транспортними засобами. Перевищення вагових обмежень приводить не тільки до руйнування доріг, але несе ще й величезні ризики для забезпечення руху, значно збільшуючи дистанцію зупинки та погіршуючи наслідки зіткнень. Зіткнення з фурую завжди несе за собою негативні наслідки, а якщо вантажівка перевантажена, то шанси на виживання наближаються до нуля, навіть якщо пасажири пристебнуті.

Перевантажені великогабаритні транспортні засоби зустрічаються в різних країнах світу та пошкоджують значну кількість доріг. Для того аби зменшити кількість випадків порушень правил габаритно-вагових норм, такі країни як США, Канада, Фінляндія, Німеччина та інші країни ЄС використовують систему контролю за ваговими і габаритними параметрами транспортних засобів.

#### Література:

1. Новели закону про посилення габаритно-вагового контролю <https://armada.law/blog/novely-zakonu-pro-posylennya-gabarytno-vagovogo-kontrolyu/>.

2. Товстуха С. О. Особливості національного законодавства України з питань безпеки дорожнього руху / С. О. Товстуха // Освітньо-наукове забезпечення діяльності правоохоронних органів і військових формувань України : IV Всеукр. наук.-практ. конф. (Хмельницький, 18 листоп. 2011 р.) / Держ. прикордон. служба України ; Нац. акад. Держ. прикордон. служби України ім. Богдана Хмельницького. – Хмельницький : Вид-во НАДПСУ, 2011. – С. 38–40.



УДК 621.891

А.Б. Гупка, канд. техн. наук, В.О. Грех, О.І. Мазурок, В.Ю. Колесник

Тернопільський національний технічний університет, Україна

## ЗМІНА ПРОТИЗНОШУВАЛЬНИХ ТА ПРОТИЗАДИРНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МОТОРНИХ ОЛИВ ПІД ВПЛИВОМ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ

A.B. Gypka Ph.D., V.O. Greh, O.I. Mazurok, V.Y. Kolesnuk

### CHANGE ANTI-WEAR AND ANTI-SEIZE PROPERTIES OF MOTOR OILS UNDER THE EFFECT OF THE ELECTROMAGNETIC FIELD

Одним із основних завдань автотракторного господарства є значне підвищення технічного рівня, якості та експлуатаційних показників автомобілів і тракторів. Вирішення цієї проблеми пов'язане з необхідністю подальшого підвищення економічності, надійності та збільшення ресурсу двигунів, зниження трудоемності їх обслуговування. Підвищення надійності та економічності автотракторних двигунів залежить від їх надійного і короткочасного пуску при низьких температурах навколишнього середовища в умовах зберігання автотракторної техніки на відкритих площадках. Для забезпечення короткочасного і надійного пуску холодних двигунів у зимовий період експлуатації необхідно продовжити науково-дослідні роботи в цьому напрямку. Вирішення проблеми короткочасного і надійного пуску холодних двигунів значно полегшить працю водіїв і збільшить тривалість роботи автомобілів і тракторів на 5...10%, знизить витрати на будівництво і експлуатацію групових засобів підігріву двигунів у автотракторних підприємствах та на виготовлення, встановлення і експлуатацію індивідуальних автотракторних підігрівачів на заводах. Однією із головних причин, які стримують вирішення цієї проблеми, є зниження експлуатаційної надійності двигунів при пуску викликаною як можливістю виникнення задирів, так і підвищення зносів підшипників колінчастого вала і турбокомпресора, гільз циліндрів та поршневих кілець внаслідок погіршення умов їх роботи. При роботі запропонованого оливозакачувального пристрою моторна олива піддається механічному, тепловому і електромагнітному впливу, тому необхідно було дослідити вплив цих факторів на зміну її властивостей. Досліджувались оливи: М-6ВЗ; М-10Г; М-10Г<sub>2</sub> - еталонна. Обробка оливи змінним електромагнітним полем оливозакачувального пристрою виконувалась на спеціальній установці (рис. 1). Для проведення досліджень використовувались оливи кожної марки, які заливались в бак з оливою установки для омагнічення, а пізніше їх прокачували через електромагнітне поле оливозакачувального пристрою на протязі 3, 6, 9 і 12 хв. Після омагнічення олив визначались їх температура застигання і кінематична в'язкість при температурах 100, 50, 20, 0 і -15°C. В оливах, які були омагнічені на протязі 9...12 хв., крім того, визначались протизношувальні і протизадирні властивості на установці Т-1, яка відтворює роботу пари кулачок-штовхач реального двигуна. Для порівняння визначались в'язкісно-температурні, фізико-хімічні, протизношувальні і протизадирні властивості свіжих олив, які не піддавались впливу змінного електромагнітного поля. В оливах, які піддавались омагніченню (свіжих і які працювали на установці Т-1), визначались наступні фізико-хімічні властивості: в'язкість кінематична при температурах 100, 50, 20, 0 і -15°C в мкм<sup>2</sup>/с (сСт); температура застигання в °С; вміст неспалимих механічних домішок в %; вміст заліза в %. Для порівняння ці параметри визначались в оливах, які не піддавались обробці електромагнітним полем. У досліджуваних оливах відмічено характерне зниження в'язкості в областях низьких температур при обробці їх змінним електромагнітним полем.

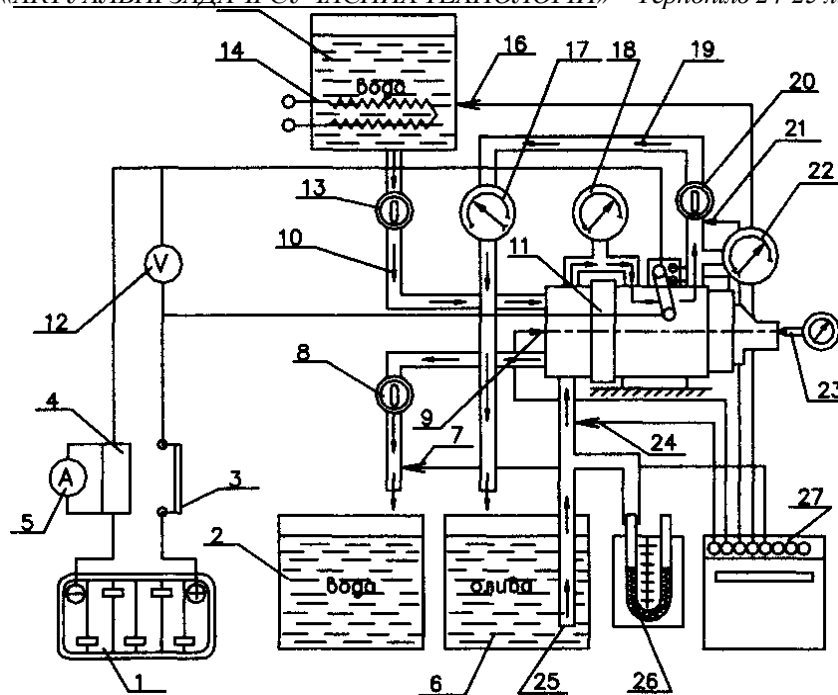


Рисунок 1 - Схема станда для визначення гідравлічних, електромеханічних і теплових характеристик оливозакачуючого пристрою: 1-акумуляторні батареї, 2 - бак для зливу води, 3 - вмикач, 4 - шунт, 5 - амперметр, 6 - бак для оливи, 7, 9, 16, 24 - термопары, 8, 13 - двоходовий кран, 9 - оливозакачуючий насос, 11 - стартер, 12 - вольтметр, 14 - електронагрівач, 15 - бак для підігріву води, 17 - рідинний витратомір, 18, 22 - манометри, 19 - нагнітаючий трубопровід, 20 - кран регулювання тиску оливи, 23 - ручний тахометр, 25 - впускний трубопровід, 26 - ртутний п'єзометр, 27 - пульт керування.

Характерно, що помітне зниження в'язкості оливи починається при температурах 20...50 °С, а при більш високих температурах характер в'язкісно-температурних кривих омагнічених і неомагнічених олив практично однаковий. Із пониженням температури відмінності в'язкісно-температурних характеристик омагнічених і неомагнічених оливи, які не були у використанні зростають. Із співставлення в'язкісно-температурних характеристик омагнічених оливи слід думати, що міра впливу змінного електромагнітного поля значно залежить від органічної основи оливи і композиції присадок в ній, а також від часу дії електромагнітного поля. Так, при обробці оливи М-10Г змінним електромагнітним полем протягом 12 хв. її в'язкість при температурі -15°С знижується в 3,6 рази (з 17220 до 4796 мкм<sup>2</sup>/с (сСт)), в той час як олива М-6ВЗ в аналогічних умовах знижує в'язкість у 1,3 рази (з 753 до 590 мкм<sup>2</sup>/с (сСт)). В'язкість омагніченої оливи М-10Г при температурі - 10°С знижується в 1,2 рази.

По характеру зміни в'язкісно-температурних кривих для досліджуваних оливи можна припустити, що при подальшому збільшенні часу дії електромагнітного поля це не приведе до помітного зниження в'язкості. Отже, оптимальний час дії електромагнітного поля для досліджування оливи складає 9... 12 хв. Після обробки оливи електромагнітним полем їх індекс в'язкості збільшується у 1,1... 1,5 рази в залежності від органічної основи оливи і композиції присадок в ній.

УДК 347.763.1

Д.І. Жук, В.О. Лабенський, О.С. Храпко

Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя, Україна

## ЕКСПЕРТНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

D.I. Zhuk, V.O. Labenskyi, O.S. Khrapko

### EXPERT ASSESSMENT OF TRANSPORTATION QUALITY

Для виявлення потреб пасажирів використовують різні методи. Одним із найнадійніших методів є анкетування або опитування пасажирів транспорту. З метою виявлення інтересів та переваг пасажирів було проведено анкетування. Опитування пасажирів проводилося шляхом випадкової вибірки респондентів.

Пасажири, як споживачі транспортних послуг, відрізняються один від одного потребами, можливостями. Це необхідно враховувати під час організації роботи транспорту.

У структурі пасажирських перевезень понад чверть пасажирів віком понад 60 років. Для них дуже важливо, щоб автомобіль їхав регулярно, з більш короткими інтервалами, можливо з мінімальними втратами часу очікування, а також можливість зайняти місце в салоні. Як правило, люди похилого віку мають пільги на проїзд, тому користуються переважно громадським транспортом, зазвичай тролейбусами.

Приблизно 2/3 від загального пасажиропотоку складає працездатне населення, з них 44% - що працюють, 16% - що навчаються. Ці категорії населення здійснюють трудові поїздки, створюючи години пік в буденні дні. Це обумовлює підвищений інтерес до проблеми транспортного обслуговування в ці часи. Особливу увагу необхідно приділяти скороченню витрат часу на поїздку і зниженню наповнення транспортного засобу.

Більше половини від загального числа поїздок, що здійснюються через залізничний вокзал у весняно-літній період, складають культурно-побутові поїздки. Враховуючи особливості залізничних маршрутів, можна сказати, що це в основному дачні поїздки, що здійснюються з тяжким багажем. У зв'язку із цим зростає потреба в транспортних послугах, ставляться особливі вимоги до рухомого складу, зростає потреба в підвищенні регулярності руху транспорту.

Більша частина пасажирів використовує при поїздки один вид транспорту, в деяких випадках використовується два види. Тому така важлива регулярність і узгодженість в роботі транспорту.

Час, що витрачається на поїздку, є одним з критеріїв оцінки якості транспортного обслуговування. У приміських перевезень, характерних для приміського залізничного транспорту, час на поїздку за звичай більший, ніж у міських. Більш за третину опитаних пасажирів витрачають на поїздку більше 40 хвилин. Для підвищення якості обслуговування необхідно збільшувати швидкість сполучення. Цього можна досягти підвищенням технічної швидкості, а також зниженням часу очікування транспорту (за рахунок зменшення інтервалів руху).

Для виявлення переваг пасажирів було запропоновано 100 респондентам проранжувати в порядку важливості наступні фактори по різних видах транспорту: час; зручність; ціна; надійність; безпека.

Результати обробки отриманих даних приведені в таблиці 1.

Відсоткові переваги респондентів по видах транспорту

Вид транспорту	Процентний розподіл респондентів					Разом
	Час	Зручність	Ціна	Надійність	Безпека	
Автобус	12,4	16,3	35,2	15,6	20,5	100
Тролейбус	11,3	13,3	42,6	15,6	17,2	100
Таксі	41,8	18,6	10,3	17,3	12,0	100

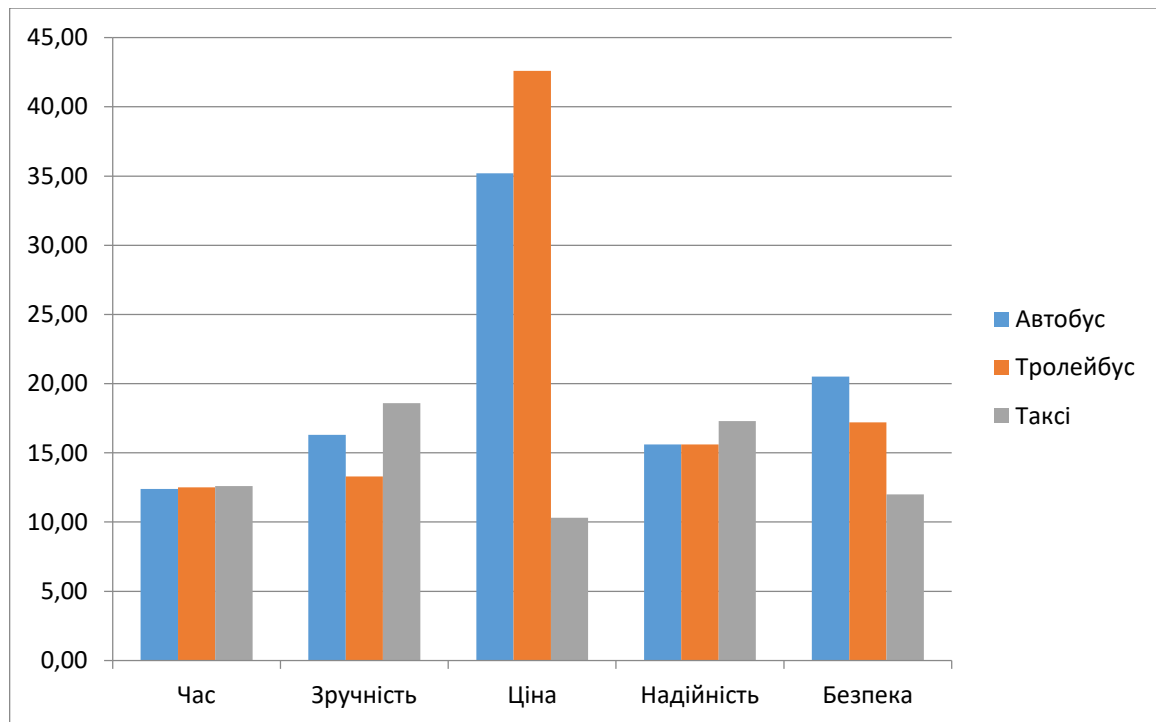


Рисунок 1. Відсотковий розподіл переваг респондентів

Після обробки даних в табл. 1 отримані умовні коефіцієнти переваг пасажирів з урахуванням чинників, що визначають споживчу цінність поїздки, а саме:

- автобуси-0,41;
- таксі -0,15;
- троллейбуси - 0,44.

Велику роль при організації руху пасажирського транспорту грає нерівномірність розподілу пасажиропотоків в часі і по окремих ділянках маршрутів. Тому, для ефективного використання рухомого складу і забезпечення високого рівня обслуговування пасажирів необхідно знати напрямлення, розміри і ступінь нерівномірності пасажиропотоків.

УДК663.17

М.Г. Левкович<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доц., Л.Н. Чорній<sup>2</sup>, В.В. Яцишин<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна.

<sup>2</sup>Галицький коледж імені В'ячеслава Чорновола.

## ПРОГНОЗУВАННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ДЕТАЛЕЙ ЦПГ

M.G. Levkovych, Ph.D.; Assoc., L.N. Chornii, V.V. Yatsyshyn.

### FORECASTING THE DURABILITY OF PARTS OF THE CPG

Двигун являє собою складну систему, тому його довговічність оцінюється з урахуванням терміну служби окремих агрегатів і вузлів. Найменш надійними деталями являються шатунні і коринні вкладиші, поршневі кільця та поршні.

Ресурси деталей в середньому для різних двигунів і умов експлуатації становить 50...90% від ресурсу основних деталей. Підвищення довговічності двигунів може здійснюватися шляхом поліпшення його конструкції і більш повного усвідомлення потенціалу в експлуатації [1].

Термін служби двигуна перед капітальним ремонтом відповідно залежить від часу напрацювання двигуна до заміни швидкозношуваних деталей. Так, перша заміна швидкозношуваних деталей дозволяє збільшити термін служби двигуна перед капітальним ремонтом на 48%, а повторна на 20%, в середньому ресурс двигуна виростає до 50...100%.

Експлуатація багатьох видів машин після першого і наступного капітального ремонту в порівнянні з перед ремонтним періодом супроводжується збільшенням витрат запасних частин до 5 разів, зниженням терміну служби в 2...2,5 рази, збільшення простою в 4 і більше разів, зниження якості виконаних машиною робіт, а також збільшення швидкості зносу деталей [2]. Наприклад, зношування вкладишів збільшується на 50%, перших поршневих кілець на 75%, гільз циліндрів на 200%, і в результаті ресурс двигунів, які пройшли капітальний ремонт, не перевищує 50% від нових.

Однією з основних функцій ЦПГ є забезпечення герметичності поршневого простору, що впливає на показники циклу, димність відпрацьованих газів, пускові властивості і прорив газів в картер. При збільшенні сумарної нещільності циліндра з 4,45 10<sup>-6</sup> м<sup>2</sup> до 15,56 10<sup>-6</sup> м<sup>2</sup> димність К, в межах 20...25% від номінальної потужності, збільшується в 2 рази.

Управління працездатністю автомобільного парку ґрунтується на інформації про стан системи і на певній процедурі прийняття рішень. В основному методи прогнозування засновані на моделюванні, аналітичних розрахунках, статистичній інформації і її обробка за допомогою прогресивного, кореляційного аналізу та екстраполяції, теоретико-інформаційного та логічного аналізу.

Розділять існуючі методи прогнозування на дві групи:

1) методи, засновані на екстраполяції тенденції зміни технічного стану агрегату;

2) методи, засновані на оцінці змін вихідних параметрів агрегатів в часі з різними вхідними даними.

Методи прогнозування довговічності автомобільних двигунів засновані на результатах виконаних і неповних експлуатаційних [3], стендових і польових випробувань. При прогнозуванні довговічності автомобільних двигунів в основному застосовуються статистичні методи. Так, на основі досліджень зміни технічного стану деталей в процесі роботи двигуна і обробки результатів спостережень за математичною статистикою отримують моделі в функції напрацювання (табл. 1).

Моделі зносу деталей ЦПГ автомобільних двигунів

Модель зносу	Параметри	Елементи
$V = a_0 + a_1t + a_2t^2 + a_3t^3$	$V$ – зношування; $t$ – напрацювання; $a_0 - a_3$ – коефіцієнти	Гільзи та кільця циліндрів, шийки колінчастого валу
$V = V_0 l^{bt}$	$V_0$ – зношення під час періоду припрацювання $b$ – коефіцієнт зношування	Кільце-канавки поршня та вкладиші колінчастого валу
$V = V_0 l^{-bt}$ $V = h(10^{\frac{t}{A}} - 1)$ $V = \lambda \left(1 - l^{-\frac{\lambda E}{x}}\right)$ $V = If(t) + Z + V_0$	$A, h$ – коефіцієнти $x$ – номінальний розмір деталі; $\lambda$ – коефіцієнт; $I$ – випадкова величина інтенсивності зношування; $f(t)$ – функція зміни параметра	Гільза циліндра та кільце поршня

Методи прогнозування довговічності деталей двигуна, які розглядають модель відмови, засновану на математичних, статистичних і фізичних теоріях надійності. У відповідності з теорією зносу, інтенсивність зношування пропорційна тиску на поверхню тертя:

$$I = K \cdot P^m, \quad (1)$$

де  $I$  - інтенсивність зношування;

$P$  - тиск на поверхню тертя;

$K$  - коефіцієнт який характеризує зносостійкість матеріалу;

$m$  - степеневий показник.

В умовах абразивного зношування інтенсивність зношування має лінійну залежність від тиску:

$$I = K \cdot P, \quad (2)$$

Або лінійне зношування:

$$V = K \cdot P \cdot L, \quad (3)$$

де  $L$  - шлях тертя.

Модель, яка основана на абразивному зношенні циліндрів має вигляд:

$$V = \frac{A}{i} \left[ (Px_{cm} + \frac{0.1Px_p}{1+0.05Px_{cm}}) Z_F' + Px_{bur} \cdot Z_F'' \right], \quad (4)$$

де  $V$  - сумарне зношення циліндра;

$A$  - коефіцієнт пропорційності;

$i$  - відносна зносостійкість пари тертя;

$Px_{cm}, Px_p, Px_{bur}$  - тиск на стінку циліндра при стиску, розширенні та випуску;

$Z_F', Z_F''$  - концентрація абразивних частин на поверхні циліндра при стиску та розширенні.

Ці моделі мають емпіричний характер. Вони дозволяють достовірно оцінити ресурс деталей ЦПГ за зношенням під час стендових випробувань, але не враховують зовнішні фактори, які формують режими роботи двигуна в реальній роботі.

### Література:

1. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: Підручник .-К. : Знання – Прес, 2003-511 с.
2. Проников А.С. Надежность машин. М.:Машиностроение,1978. - 591 с.
3. Славущкий В.А, Эксплуатационные методы улучшения показателей тракторных дизелей. ЛСХИ, 1981-408 с.

УДК663.17

М.Г. Левкович<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доц., М.Ю. Грат<sup>1</sup>, Т.В. Гачкевич<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## МЕТОДИ І ЗАСОБИ ДІАГНОСТУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ЦПГ

M.G. Levkovych, Ph.D.; Assoc., M.Y. Hrat, T.V. Hachkevych

## METHODS AND MEANS OF DIAGNOSING CHP PARTS

Основними функціями діагностики є отримання і аналіз інформації про технічному стану, прогнозування залишкового терміну служби і прийняття рішень, що забезпечують збереження оптимальної надійності автомобіля в експлуатації (рис. 1).

Розробка засобів технічного діагностування розвивається наступному напрямку суб'єктивних методів діагностики - прилади на основі механічних і пневматичних і електронних засобів вимірювання.

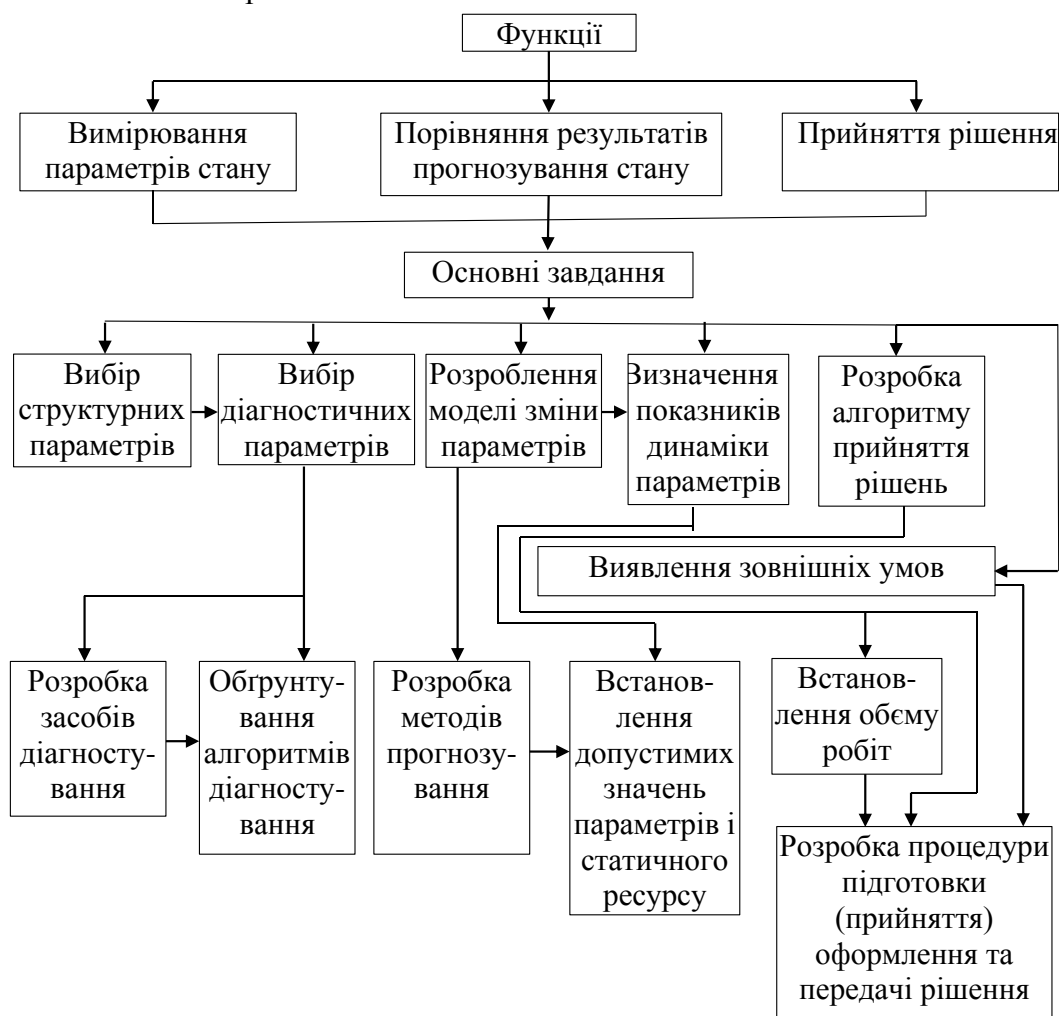


Рисунок 1 – Основні функції та задачі технічної діагностики ТЗ

З метою визначення технічного стану ЦПГ на виконання заданих функцій двигуна та їх можливість до функціонального та тестового діагностування можна навести двигун у вигляді графічного дерева. Можна зробити висновок, що пускові властивості і працездатність двигуна залежить від технічного стану ЦПГ.

Діагностування ЦПГ рекомендується виконувати за наступними дотичними параметрами: характеристики вібрації, кількість газів, що проникають у картер; тиск газу в картері; розхід або падіння тиску стиснутого повітря, яке подається в циліндр; розхід масла;

вміст окису вулицю у відпрацьованих газах; димність відпрацьованих газів в кінці такту стискання; якісний і кількісний склад елементів зношення в маслі.

Більшість методів діагностування ЦПГ основані на параметрах герметичності циліндрів двигуна:

✓ тиск в кінці такту стиску. Даний метод отримав широке розповсюдження завдяки своїй простоті та можливості отримати оцінку технічного стану окремих циліндрів.

Недоліки – низька точність та інформаційність.

Продовженням даного методу є метод, що оснований на зміні швидкості наростання тиску при прокручуванні колінвалу двигуна. Цей метод дозволяє отримати вищу інформативність в 1,3 раза. Недоліки – потребує застосування спеціалізованого вимірального обладнання.

✓ кількість пройшовших газів в картер. Даний метод використовується для прогнозування залишкового ресурсу за діагностичним параметром.

Недоліки – низька достовірність результатів діагностування.

При дослідженні тиску газів в картері можна отримати диференціальну оцінку циліндрів.

Під час дослідження падіння тиску, що подається в циліндр можна провести оцінку усіх спряжень, які відповідають за герметичність циліндра.

На основі теоретичних та експериментальних досліджень встановлено, що віброакустичні характеристики дозволяють оцінити зазори в спряженнях.

При дослідженні на димність та токсичність розглядають концентрації  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $C_nH_m$ . Зношення деталей приводить до збільшення концентрації  $C_nH_m$  та альдегідів. Існують комплексні газоаналізаторні системи.

Враховуючи те, що розроблено багато методів і засобів діагностування і після проведеного їх аналізу, слід відзначити, що діагностування проводять за параметрами герметичності циліндрів двигуна. Для порівняння методів діагностування використовують коефіцієнт інформаційності  $K_{inf}$ .

$$K_{inf} = \frac{x_{max} - x_{min}}{x_{max}}, \quad (1)$$

де  $x_{max}$ ,  $x_{min}$  - значення параметрів.

На основі даних  $K_{inf}$ , що при дослідженнях був рівний витраті масла на угар 0,945, падіння тиску стиснутого повітря, що подається в циліндр 0,936, проникнення газів в картер 0,7, тиск в кінці такту стиску 0,31.

### Література:

1. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: Підручник.-К. : Знання – Прес, 2003 - 511 с.
2. Организация капитальных ремонтов автомобилей / ред. Н.Н. Маслов. Киев: Техника, 1977 - 320с.
3. Лукинский В.С., Котиков Ю.Г. , Зайцев Е.И. Долговечность деталей шасси автомобиля. Л.: Машиностроение, 1984,-231 с.
4. Лукинский В.С. Определение надежности автомобильных двигателей. М.:НИИИН автопром, 1982 - 44 с.
5. Михлин В.М, Прогнозирование технического состояния машин.-М.: Колос , 1976. - 288 с.



УДК 621.9.06

**І.В. Луців, д.т.н., проф., В.М. Буховець, Т.М. Сілярський**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ЕВОЛЮЦІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ СХЕМ ТОКАРНОГО СПОРЯДЖЕННЯ ЩОДО ЗМЕНШЕННЯ ПРУЖНИХ ДЕФОРМАЦІЙ ПІД ЧАС ОБРОБЛЕННЯ**

**I.V. Lutsiv, Dr., Prof., V.M. Buhovets, Ph.D., T.M. Siliarsky**

### **EVOLUTION OF DESIGN SCHEMES OF TURNING ACCESSORIES AS FOR ELASTIC DEFORMATIONS DECREASING IN THE MACHINING**

Відомо, що технологічна система оброблення при точінні знаходиться в надзвичайно важких умовах. Це, зокрема, спричиняється нерівномірним навантаженням від зусиль різання, змінною структурою жорсткісних зв'язків і відповідними пружними деформаціями та вібраціями. Тому ефективним способом зменшення перевантажень верстатно-інструментальних систем, а також підвищення точності і продуктивності різання, забезпечення його вібростійкості є багато-інструментальне (дворіздеве) технологічне спорядження самоналагоджувального типу. Синтез таких систем пов'язаний із багаторічним науковим і практичним досвідом використання різних конструкційних схем токарної обробки. В цьому плані важливим є дослідження еволюції таких пристроїв та оцінка впливу різноманітних факторів на результуючі похибки деталі, зумовлені її пружними деформаціями в процесі різання.

Нами проаналізовані окремі конструктивні схеми можливих варіантів оброблення, що забезпечують вплив на величини зусиль різання. Опис таких схем і їх еволюцію представлено у таблиці.

Аналіз наведеної таблиці показує, що використання одно різдевого традиційного оснащення (поз. 1) супроводжується найбільшими похибками обробки мало жорстких деталей. При збільшенні подачі  $s$  супорта і зростанні продуктивності обробки, а також вильоту  $l$  заготовки ці похибки стрімко зростають і їх зменшенню може слугувати лише застосування додаткових опор. При використанні плаваючого інструменту, наприклад пружних різців (поз. 2) можливе випадкове хаотичне пристосування інструменту до умов обробки. Таким чином, дія факторів збурення (зростання подачі, вильоту заготовки) призводить до збільшення похибок, хоча це носить більш м'який характер.

Більш доцільним є багато різдеве різання. Наприклад, використання навіть жорстко закріплених двох опозитно розміщених різців (поз. 3) призводить до значного зменшення зростання величини похибок. Така картина ще більш покращується при використанні двох плаваючих різдевих блоків (поз. 4). При цьому в багатьох випадках можна навіть досягати зменшення деформаційних похибок у поперечному перерізі заготовки. Істотного зменшення похибок обробки досягають при використанні систем адаптивного управління (САУ (поз. 5)), які внаслідок свого функціонування істотно обмежують зростання величини похибок обробки навіть при дії факторів збурення. Проте їх недоліком є значна вартість систем.

Заклучна схема в таблиці показує відповідну поведінку (при зростанні подачі, або ж збільшенні вильоту заготовки) дворіздевої системи із пристроями само налагодження у вигляді між інструментального зв'язку МІЗ, які забезпечують вирівнювання осьових, а значить і радіальних складових сил різання від різних різців. В ідею конструкцій цих систем покладено те, що з метою регулювання перехідних процесів різання забезпечується узгодження між швидкістю подачі приводу і швидкостями подачі лез різців. Поздовжні коливання різальних елементів можна задати налагодженням зв'язків між лезами (кінематичного чи електромеханічного типу), і отримати вимушені взаємопов'язані зворотно-поступальні переміщення різальних лез [1].

Представлення еволюції токарних пристроїв з точки зору впливу верстатно-інструментальної системи на результуючі похибки деталі

Тип	Характеристика		Умовна схема	Вплив факторів на похибки		
				Подача $s \uparrow$	Виліт $l \uparrow$	Додатк. опора +
Одноріцева	1	жорстка		↑	↑	↓
	2	плаваюча		↷	↷	↓
Дворіцева	3	жорстка		↑	↕	↓
	4	плаваюча без регулювання		↷	↷↷	↓
	5	з використанням САУ		↕	↕	↓
	6	з самоналагодженням		↷	↷	↓

Це дозволяє досить точно і з високою чутливістю керувати пружними переміщеннями еквівалентної пружної системи верстату і, таким чином, істотно впливати на точність токарної обробки та продуктивність різання.

**Література:**

1. Технологічне оснащення для високоефективної обробки деталей на токарних верстатах: монографія/ [Кузнєцов Ю.М., Луців І.В., Шевченко О.В., Волошин В.Н.]. – К.: – Тернопіль: Терно-граф, 2011. – 692 с.

УДК 621.82

Ю.І. Пиндус, к.т.н., доц., В.П.Калушка, к.т.н., доц., Р.Р. Заверуха; О.Ю. Пиндус, Ю.І. Пипко

Тернопільський національний технічний університет імені І. Пулюя, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ПРУЖИННОГО ЕНЕРГОАКУМУЛЯТОРА ПНЕВМОПРИВОДУ З ЗАСТОСУВАННЯМ МЕХАНІЗМУ ФІКСУВАННЯ ПОРШНЯ

Y. Pyndus, PhD., R. Zaverukha, assistant, V. Kalushka, PhD., O. Pyndus, Y. Pipko  
ANALYSIS OF THE PNEUMATIC DRIVES SPRING ENERGY ACCUMULATOR USING THE PISTON FIXING MECHANISM

Досліджено статичні характеристики пружинного енергоаккумулятора (ПЕА) - залежність зусилля  $F$  від ходу штока  $l$  (рис. 1) та характеристики уніфікованих гальмівних камер з ПЕА. Встановлено, що тиск, який утримує ПЕА в розгальмованому стані дорівнює  $4,5 - 5,5$  кгс/см<sup>2</sup>. Пневматичний елемент ПЕА може бути поршневим або мембранним. Поршневі ПЕА мають хід від 30 до 110 мм, мембранні 50 - 60 мм.

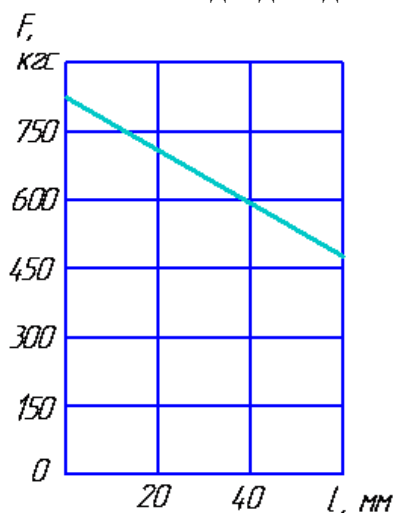


Рисунок 1 - Силова характеристика пневматичного пружинного енергоаккумулятора.

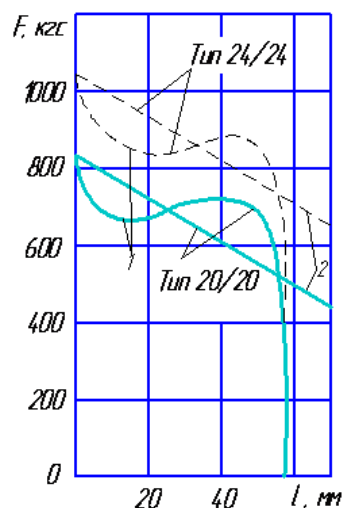


Рисунок 2 - Силкові характеристики гальмівних камер з ПЕА: 1 - гальмівні камери; 2 - пружинні енергоаккумулятори.

Оскільки у гальмівній системі автомобілів сімейства DAF в якості виконавчого пристрою застосована гальмівна камера з ПЕА поршневого типу пропонується модернізована схема виконавчого механізму.

ПЕА керується від стоянкового, запасного і аварійного контурів. Для підвищення надійності роботи гальмівного пневмоприводу запропоновано конструкцію з вдосконаленою гальмівною камерою та ПЕА.

Основними деталями вдосконаленої гальмівної камери з ПЕА (рис. 3) є: корпус 15, силова пружина 3, поршень 4 з штовхачем 10, втулка фіксатора 13 з кульками 14 і розпірним золотником 2, пружина механізму фіксатора 12, керуючий електромагніт 1, гвинт механічного розгальмовування 15 із підшипником 11, гальмівна діафрагма 7 з поворотною пружиною і штоком 8. Удосконалена гальмівна камера з ПЕА конструктивно відрізняється від існуючої конструкції ПЕА. Циліндр енергоаккумулятора має центральний отвір в торцевій стінці для центрування по ньому корпусу електромагніту і втулки фіксатора 13.

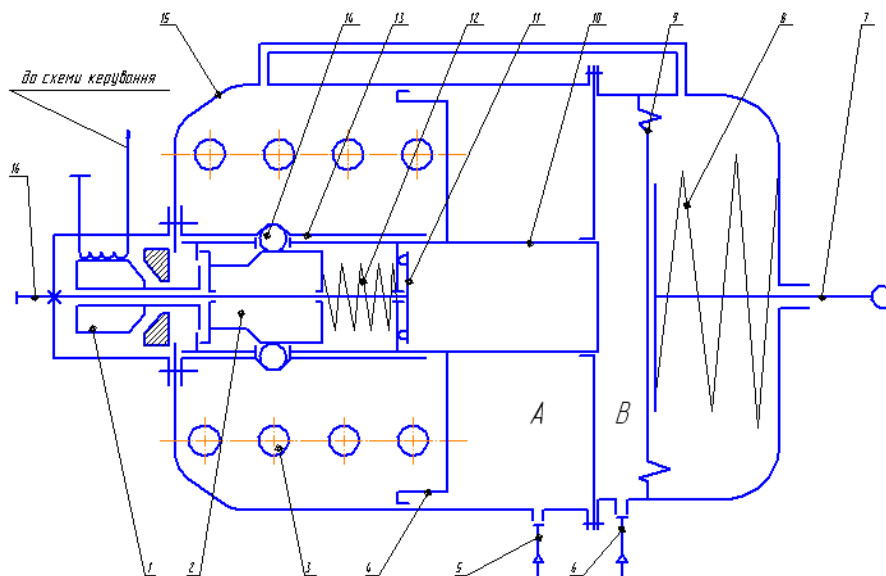


Рисунок 3 – Модернізована схема виконавчого механізму

Також через цей отвір здійснюється вивід механізму фіксатора з зафіксованого положення шляхом переміщення розпірного золотника 2, сердечником керуючого електромагніту 1, в крайнє праве положення. Перевагами вдосконаленої гальмівної камери є можливість роботи енергоаккумулятора в розгальмованому режимі без підведення до нього з гальмівної магістралі стиснутого повітря.

Встановлено, що фіксуючий механізм служить для утримання силової пружини в стисненому положенні. Деталі механізму фіксування витримують значні навантаження протягом тривалого часу. Деталі фіксатора містять циліндричні і сферичні поверхні, що призводить до утворення високонавантажених ланок. Розрахункова схема фіксуючого механізму наведена на рисунку 4.

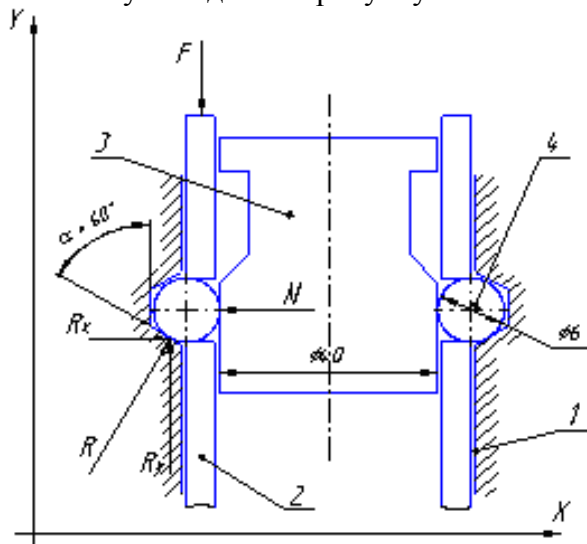


Рисунок 4 - Розрахункова схема фіксуючого механізму

1 - напрямна поршня; 2 - поршень; 3 - розпірний золотник; 4 - розпірний кульку.

Міцність і довговічність контактуючих поверхонь оцінюють по контактним напруженням. Розрахункові контактні напруги при торканні в точці визначаються за формулою:

$$\sigma_n = 0,55 \cdot \sqrt{\frac{F_n \cdot E_{np}^2}{\rho_{np}^2}} \leq [\sigma] \quad (1)$$

де  $F_n$  - сила притиснення, нормальна до поверхні контакту, в стислому стані;  $E_{np}$  - модуль пружності, для сталі  $E_{np} = 2 \cdot 10^5$  МПа;  $\rho_{np}$  - радіус кривизни поверхні контакту, м;

$$\rho_{np} = \frac{1}{\frac{1}{r_1} \pm \frac{1}{r_2}} \quad (2)$$

де  $r_1, r_2$  - радіуси поверхонь.

#### Література:

1. Основи конструкції автомобілів \ Сирота В.І.-К.: Арістей, 2005. - 258 с.

УДК 621.82

Ю.І. Пиндус, к.т.н., доц., В.П.Калушка, к.т.н., доц., Р.Р. Заверуха, асистент; О.Ю. Пиндус, Ю.І. Пипко

Тернопільський національний технічний університет імені І. Пулюя, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛООВОГО БАЛАНСУ РОБОТИ ДВИГУНА НА ДИЗЕЛЬНОМУ ПАЛИВІ ТА БІОПАЛИВІ

Y. Pyndus, PhD., R. Zaverukha, assistant, V. Kalushka, PhD., O. Pyndus, Y. Pipko  
ANALYSIS OF HEAT BALANCE OF DIESEL AND BIOFUEL ENGINE

Досліджено тепловий баланс двигуна, який характеризує розподіл теплоти, що виділяється при згорянні палива. Характер розподілу теплоти згорання за складовими зовнішнього теплового балансу визначається особливостями робочого процесу, а також геометричними розмірами циліндро - поршневої групи, конструкцією деталей і системи охолодження. Зовнішній тепловий баланс в цілому і окремі його складові зокрема, дозволяють оцінити показники теплонапруженості деталей двигуна, розрахувати систему охолодження, визначити резерви у використанні теплоти газів і шляхи підвищення економічності двигуна.

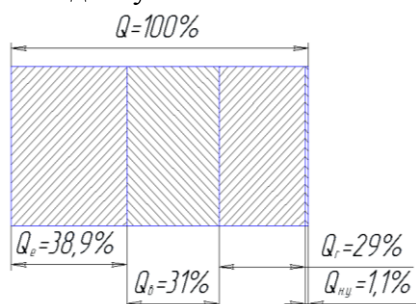


Рисунок 1 - Схема теплового балансу двигуна на дизельному паливі

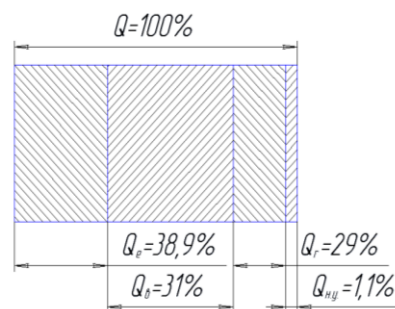


Рисунок 2 - Схема теплового балансу двигуна працюючого на біопаливі

Встановлено, що при використанні біопалива поряд з рідинними підігрівниками, що забезпечують підігрів блоку холодного двигуна, повинні бути передбачені підігрівачі палива і в елементах паливної системи. Найефективнішим по доступності і простоті конструкції слід визнати електропідігрів від акумуляторної батареї, причому протягом короткого часу з тим, щоб сильно не розряджати при цьому саму батарею.

Нагрівач дизеля транспортного засобу (рис. 3) містить корпус 1 в вигляді циліндричної труби з патрубком 2 для підведення і патрубком 3 для відведення палива і розміщений всередині корпусу 1 співвісно йому теплопередавальний елемент у вигляді труби 4 з фланцями 5 і 6 для циркуляції теплоносія з рідинного контуру системи охолодження дизеля. Для правильної установки труби 4, а корпусі 1 використовується штифт 7. На зовнішній поверхні труби між патрубками 2 і 3 виконані багатозахідні гвинтові ребра 8 утворюють в між трубному просторі гвинтові канали 9, які розміщені з патрубками. На зовнішній поверхні корпусу, уздовж нього між патрубками 2 і 3 розміщені електронагрівальні елементи 10. Вони встановлені в гніздах на корпусі і фіксуються контактної пластиною 11, з'єднаної позитивної клеми джерела живлення, і тепловим екраном 12 за допомогою гвинтів 13. При цьому ефект прогрівання палива від позисторів посилюється прогрівом його від рідкого теплоносія.

Найбільша ефективність досягається в тому випадку, якщо прохідний перетин повздовжнього каналу 15 становить від 2-4% загального прохідного перетину гвинтового каналу всередині корпусу.

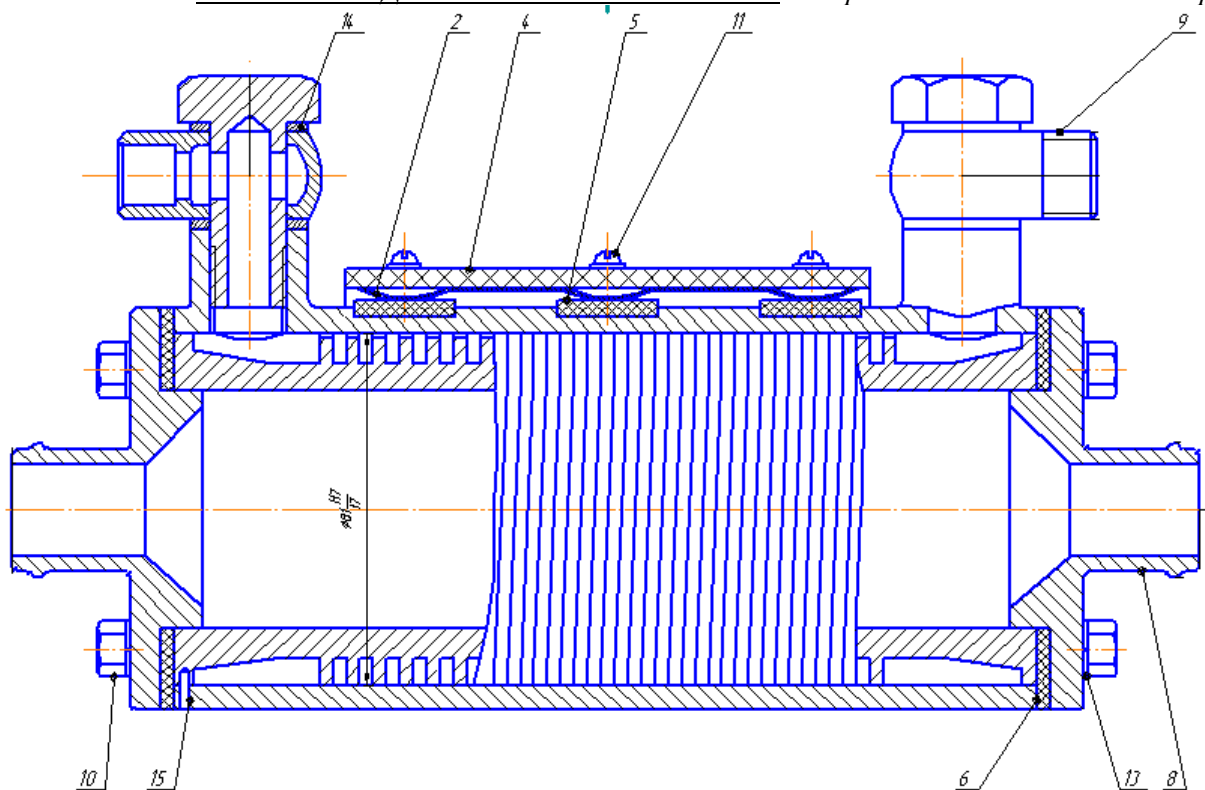


Рисунок 3 - Нагрівач біопалива

1-корпус; 2,3-патрубки для підведення і відведення палива відповідно; 4-теплопередаючий елемент; 5,6-фланці для циркуляції вихлопних газів;7-штифт; 8-гвинтові ребра; 9-гвинтові канали; 10-позистори; 11-контактна пластина; 12-кришка; 13-гвинти; 14-вершина ребер; 15-поздовжні канали.

Таким чином, використання комбінації оребренної (на більшій частині прохідного перетину) і неорєбренної (у вигляді поздовжнього зазору) поверхонь в напрямленні руху палива при наявності позисторів навпроти цього зазору забезпечується підвищення ефективності роботи нагрівача, як наслідок, підвищення надійності пуску двигуна при мінусових температурах навколишнього середовища і надійну роботу в післяпусковий період.

В результаті тепловий потік  $\Phi$  в Вт визначаємо за рівнянням:

$$\Phi = G_1 \cdot C_1 \cdot (t_{1к} - t_{1н}), \quad (1)$$

Необхідна для передачі теплового потоку  $\Phi$  поверхня теплообміну  $A$  в  $m^2$  визначається з формули:

$$A = \frac{\Phi}{K \cdot \Delta t_{cp}}, \quad (2)$$

#### Література:

1. Основи технології виробництва і ремонту автомобілів: Навчальний посібник. \ Божидарнік В.В., Гусєв А.П. – Луцьк: Надстир'я, 2007. – 320 с.
2. Ремонт автомобилей: учебное пособие / В.П.Иванов, В.К.Ярошевич, А.С.Савич. – Минск: Высш.шк., 2009. – 383 с.

УДК 621.867.4

Р.М. Рогатинський, д.т.н., проф.; В.Л. Дмитроца; М.В. Грубенюк; Р.П. Цапик

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна.

## ТРАНСПОРТУВАННЯ НАСИПНОГО ПАЛИВА ГВИНТОВИМИ КОНВЕЄРАМИ

R. Rogatynski, Dr., Prof.; V. Dmytrotsa; M. Grubenyuk; R. Tsapyk

### TRANSPORTATION OF BULK FUEL BY SCREW CONVEYORS

Для транспортування сипких, дрібнокускових, порошкових матеріалів широко використовують гвинтові конвеєри, перевагою яких є простота та надійність конструкції, низькі матеріалоемність та вартість, герметичність конструкції та екологічність. Вони широко використовуються для переміщення насипного палива. Проте широке їх використання стримується дещо підвищеною енергоємністю. Зниження їх енергоємності досягається вибором оптимальних параметрів та режимів транспортування, а також підбором матеріалів, які забезпечують відповідні трибологічні характеристики.

При транспортуванні насипного палива (торфу, вугілля подрібненої деревини та пелет чи гранул з них тощо) використовуються як швидкохідні так і тихохідні конвеєри.

Зокрема, для подачі насипного палива у накопичувальний бункер використовуються вертикальні швидкохідні конвеєри. Їх мінімальний теоретичний рівень енергоємності визначається тільки значенням коефіцієнта тертя  $\mu_1$  транспортованого матеріалу до гвинтової поверхні і, згідно [1]:

$$W = 2,30 + 6,64\mu_1 + 19,16\mu_1^2 \quad (1)$$

Цей рівень енергоємності досягається, коли коефіцієнт швидкохідності  $P = D\omega^2 / (2g)$  конвеєра приймає значення

$$P = \frac{0,25 + 0,9\mu_1}{\mu_2(0,3 + 0,03\mu_1)} \quad (2)$$

Тут  $D$  - зовнішній діаметр гвинта;  $\omega$  - кутова швидкість його обертання;  $\mu_2$  - коефіцієнта тертя транспортованого матеріалу до внутрішньої кожуха.

Крок гвинта  $T$ , при цьому, залежно від зовнішнього діаметра шнека  $D$  повинен вибиратись із умови

$$T = (0,8 - 0,3\mu_1) \cdot D \quad (3)$$

Для горизонтального швидкохідного конвеєра доцільно вибирати крок гвинта  $T = (1 - 1,25)D$  із вибором швидкісного режиму в межах  $P = 0,7 - 10$ .

При транспортуванні пелет чи гранул, вони у швидкохідних конвеєрах можуть руйнуватись, що знижує їх експлуатаційні показники. Тому для горизонтального транспортування (чи з невеликим нахилом) доцільно використовувати тихохідні гвинтові конвеєри, для яких ймовірність заклинювання робочого органу внаслідок неоднорідності вантажу та його руйнування суттєво нижча ніж для швидкохідних.

У тихохідних конвеєрах вантаж переміщається гвинтовим робочим органом по осі поступально в режимі тіла волочіння із постійним параметром кута відхилення  $\theta$  його центра ваги в напрямку обертання гвинта. Для горизонтальних конвеєрів

$$\theta = \arctg \{ (\pi D - \mu_1 T) / [\mu_2 (T + \mu_1 \pi D)] \}, \quad (4)$$

Із зростанням наповнення конвеєра ( коефіцієнта заповнення  $\varphi_0$  ) та, відповідно кута відхилення  $\theta$ , при збільшенні кутової швидкості  $\omega$ , частина насипного палива пересипається через вал шнека. Розрахункова продуктивність конвеєра при цьому знижується і буде визначатись як

$$Q = 0,125(1 - \psi)\varphi_0\omega T(D^2 - d^2), \quad (5)$$

де  $\psi$  - частка вантажу із тіла волочіння, що пересипається через вал;  $d$  - діаметр валу.



З метою запобігання пересипанню вантажу через вал в тихохідних конвеєрах із закритим циліндричним кожухом, рис. 1.а, обмежуються кутова швидкість обертання гвинта (до  $\omega = 10$  рад/с) та коефіцієнт заповнення (до  $\varphi_0 = 0,3$ ). Для кожуха, виконаного у вигляді U-подібного жолоба, рис. 1.б, на 3-5% можна підвищити значення параметрів  $\omega$  і  $\varphi_0$  та, відповідно, продуктивність тихохідного конвеєра. Проте бокова стінка U-подібного жолоба силами тертя гальмує осьове переміщення, тим самим сприяє нагромадженню вантажу по висоті тіла волочіння і його перекиданню через вал, а тому суттєвого покращення продуктивності тихохідного конвеєра та зменшення його енергоємності не досягається. Суттєво підвищити ефективність осьового транспортування можна використанням двовального конвеєра (диференційного шнека), рис. 1.в., в якому гвинти двох суміжних, паралельно розміщених шнеків обертаються у протилежних напрямках.

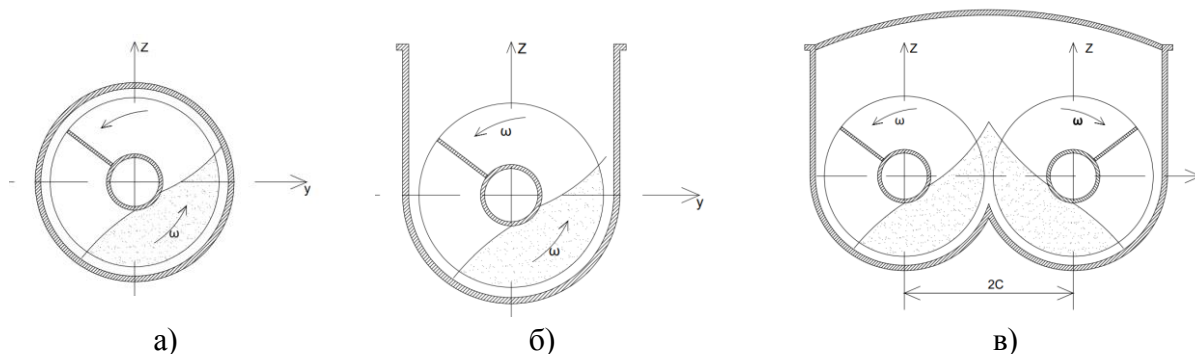


Рисунок 1. Схеми транспортування вантажу тихохідними конвеєрами.

Внаслідок відсутності стінки між двома потоками відсутні сили тертя, що гальмують їх рух, а відцентрові сили формують плинний шар, який має тільки осьове переміщення. При цьому швидкість обертання шнеків можна збільшити до  $\omega = 30$  рад/с. та збільшити на 50% і більше наповненість із розрахунку на один шнек, а також більш ніж у 2 рази підвищити продуктивність при суттєво нижчій енергоємності. Експериментальні дослідження підтвердили переваги двовальних швидкісних конвеєрів, рис.2.



Рисунок 2. Транспортування вантажу двовальним швидкісним конвеєром.

### Література:

1. Ловейкін В.С., Рогатинська О.Р. Вибір раціональних параметрів та режимів роботи вертикальних гвинтових конвеєрів // Збірник наукових праць Вінницького державного аграрного університету. – Вип. 23, - Вінниця: ВДАУ, 2005. – С. 181-195.



УДК 629.113

Р.М. Рогатинський, д.т.н., проф.; Р. В. Хорошун; А.Д. Бобков; Р.Б. Шимків

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ АВТОМОБІЛЯ ПО КРИВОЛІНІЙНІЙ ТРАСІ

R.Rogatynskiy, Dr., Prof.; R. Horoshyn; A. Bobkov; R. Shymkiv

### SIMULATION OF VEHICLE MOVEMENT ON A CURVULAR ROAD

Питання курсової стійкості руху автомобілів при русі по криволінійній трасі з урахуванням змінних в часі сил, є актуальним, оскільки змінна динаміка автомобіля по криволінійних трасах призводить до зміни параметрів стійкості автомобіля.

У відомих дослідженнях проводили дослідження курсової стійкості для окремих випадків прямолінійного та колового руху автомобіля без врахування зміни кривини траси та, відповідно, без функціонального зв'язку траєкторії руху автомобіля із розташуванням траси [1].

Метою дослідження є встановлення закономірностей переміщення автомобіля при проходженні криволінійної траси, визначення його кінематичних та динамічних показників та параметрів курсової стійкості як функцій кривини траси.

Нехай в базовій (нерухомій) системі координат  $XOY$ , що нерухомо зв'язана з трасою задано рівняння траси в параметричному виді як функція шляху по її середній лінії

$$X = X(l); Y = Y(l). \quad (1)$$

де  $l$  - параметр довжини шляху по серединній лінії.

Початкові значення параметрів траси приймемо  $X(0) = L; Y(0) = 0$ , а напрямки осей  $OX$  та  $OY$  визначатимемо за географічними координатами.

Кривина траси буде

$$K(l) = \frac{|X_l' Y_l'' - Y_l' X_l''|}{(X_l'^2 + Y_l'^2)^{(3/2)}}. \quad (2)$$

Якщо смуга руху зміщена відносно серединної лінії на віддаль  $u$ , то її рівняння залежно від параметра  $l$  буде

$$X_T(l) = X(l) + \frac{u \cdot Y'}{\sqrt{X_l'^2 + Y_l'^2}}; \quad Y_T = Y(l) + \frac{u \cdot X'}{\sqrt{X_l'^2 + Y_l'^2}}. \quad (3)$$

Для побудови траєкторії руху автомобіля по криволінійній трасі розглянемо його велосипедну модель, в якій два передніх та два задніх коліс замінені одним переднім та одним заднім уявними колесами, розміщеними на осі автомобіля.

При слідуванні за трасою кут повороту уявного переднього колеса буде функцією часу  $\theta_t = \theta(t)$ .

Співвідношення між елементарними переміщеннями уявного заднього  $ds_2$  та переднього  $ds_1$  коліс (задньої та передньої осей автомобіля), без врахування кутів відведення коліс буде

$$ds_2 = ds_1 \cos \theta_t. \quad (4)$$

Із врахуванням кутів відведення, відповідно переднього  $\delta_1$  та заднього  $\delta_2$  коліс, залежність (4) прийме вигляд.

$$ds_2 \cos \delta_2 = ds_1 \cos(\theta_t - \delta_1). \quad (5)$$

Відповідно, співвідношення між їхніми швидкостями при русі із змінним напрямком буде

$$v_2 = v_1 \frac{\cos(\theta_t - \delta_1)}{\cos \delta_2}. \quad (6)$$

Радіус та кривина траєкторії руху переднього ( $R_1; k_1$ ) та заднього ( $R_2; k_2$ ) коліс:

$$R_1 = \frac{ds_1}{d\varphi} = \frac{L \cos \delta_2}{\sin(\theta_t - \delta_1 + \delta_2)}; \quad (7) \quad k_1 = \frac{\sin(\theta_t - \delta_1 + \delta_2)}{L \cos \delta_2}; \quad (8)$$

$$R_2 = \frac{ds_2}{d\varphi} = \frac{L \cos(\theta_t - \delta_1)}{\sin(\theta_t - \delta_1 + \delta_2)}; \quad (9) \quad k_2 = \frac{\sin(\theta_t - \delta_1 + \delta_2)}{L \cos(\theta_t - \delta_1)}. \quad (10)$$

Якщо переднє колесо автомобіля завжди слідуватиме по лінії траси, то  $k_1 = K_T$ , і кут повороту уявного переднього колеса має змінюватись за законом

$$\theta_t = \theta(l_B) = \arcsin[L \cdot K_T(l_1) \cdot \cos \delta] + \delta_1 - \delta_2, \quad (11)$$

де  $l_1 = \int_0^{l_1} v_1(t) dt$  - біжуча довжина шляху по середині смуги руху автомобіля.

Розмістимо початок системи координат  $O_A x_A y_A$  автомобіля посередині задньої його осі, а вісь координат  $O_A x_A$  спрямуємо за напрямом руху. Відповідно вісь  $O_A x_A$  разом із корпусом автомобіля повернеться на елементарний кут  $d\varphi$ , що рівний

$$d\varphi = \frac{ds_1 \sin(\theta_t - \delta_1) + ds_2 \sin \delta_2}{L}. \quad (12)$$

Миттєва кутова швидкість повороту автомобіля відносно вертикальної осі буде

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt} = \frac{v_1 \sin(\theta_t - \delta_1 + \delta_2)}{L \cos \delta_2} = \frac{v_2 \sin(\theta_t - \delta_1 + \delta_2)}{L \cos(\theta_t - \delta_1)}. \quad (13)$$

Миттєвий центр обертання корпусу  $C_\omega(x_{C_\omega}; y_{C_\omega})$  в системі координат автомобіля буде:

$$x_{C_\omega} = \frac{L \operatorname{tg} \delta_2}{\operatorname{tg}(\theta - \delta_1) + \operatorname{tg} \delta_2}; \quad y_{C_\omega} = \frac{L}{\operatorname{tg}(\theta - \delta_1) + \operatorname{tg} \delta_2} \quad (14).$$

При відомих координатах центра ваги автомобіля  $C_m(x_M; y_M)$ , радіус його повороту при русі по криволінійній трасі

$$R_M = \sqrt{(x_{C_\omega} - x_M)^2 + (y_{C_\omega} - y_M)^2} \quad (15)$$

Рух по криволінійній траєкторії призводить до перерозподілу сил, що діятимуть на автомобіль, а саме: вагу  $G = mg$ , силу поздовжнього прискорення  $F_a = m \cdot dv_c / dt$ , відцентрову силу  $F_\omega = m\omega R_M^2$ , момент сил, що діє в площині автомобіля  $M = I\varepsilon$ , де  $I$  – момент інерції автомобіля відносно вертикальної осі, що проходить через центр його ваги та момент  $\vec{M}_h = (\vec{F}_\omega + \vec{F}_a) \times \vec{h}_M$ , що направлений на перекидання автомобіля. Вказані сили та моменти врівноважуються реакціями на чотирьох колесах, траєкторії руху яких та кути повороту однозначно задаються відомими координатах миттєвого центра обертання та які визначаються із диференціальних рівнянь руху.

На першій ітерації приймають, що кути відведення рівні нулю. На другій ітерації за встановленими силами уточнюються кути відведення переднього  $\delta_1$  та заднього  $\delta_2$  уявних коліс велосипедної моделі та переносять їх на реальні колеса. На наступних ітераціях від велосипедної моделі переходять до моделі чотирьох колісного автомобіля.

### Література:

1. Макаров В.А., Волохов О.С. Моделювання руху автомобіля з урахуванням тягової сили й перерозподілу маси // Автомобільний транспорт. - 2013. - В. 32.- С.23-28.

УДК 656.073.27

В.В. Ткачук, Ю.С. Шуберт

Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, Україна

## ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ЛОГІСТИЧНОГО СКЛАДУ

V.V. Tkachuk, Yu.S. Shubert

### SIMULATION MODELING OF LOGISTICS WAREHOUSE WORK

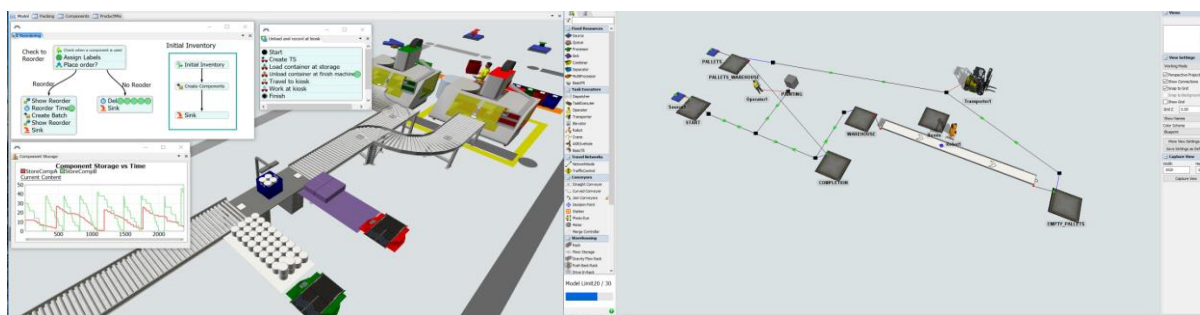
Процес моделювання - це набір методів для представлення системи із позиції її характеристики та операцій, які спричинені за результатами поведінки та наслідків її роботи у просторі та часі. Отже модель та ступень її відображення залежить від поставленої мети імітаційного моделювання.

Імітаційна модель відображає:

- складові системи та їхній взаємозв'язок між собою;
- процеси мінливості, що притаманні системі;
- результуючу динаміку поведінки, що показує система операцій, іншими словами динаміку операцій системи.

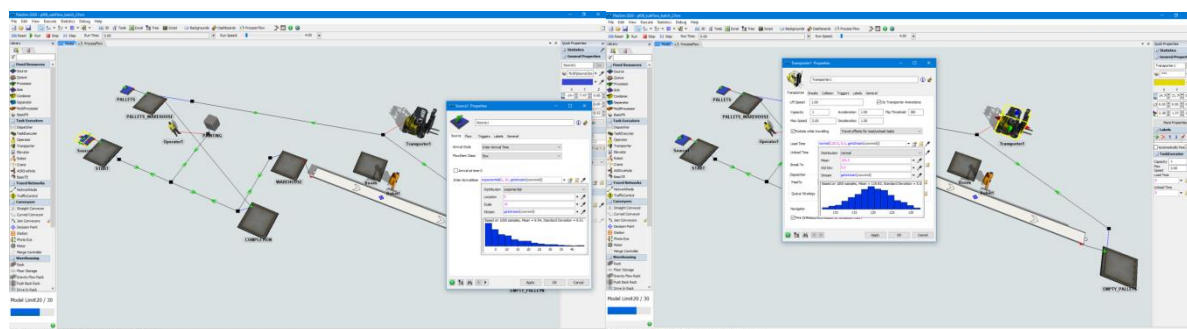
Для перевірки твердження про те, що дані середнього часу оброблення вантажів на складських лініях узгоджуються з гіпотезою про нормальний закон їх розподілу проведемо імітаційне моделювання.

Пакет програмного забезпечення для здійснення моделювання FlexSim включає у себе великий візуальний та логічний функціонал (рис. 1).



а) візуалізація моделі у програмному забезпеченні FlexSim

б) схема технологічного процесу ліній обробки вантажів на складських лініях у середовищі FlexSim



в) налаштування параметрів інтенсивності надходження матеріального потоку на лінії обробки вантажів у середовищі FlexSim

г) налаштування параметру часу обробки матеріального потоку на лінії обробки вантажів у середовищі FlexSim

Рис. 1. Пакет програмного забезпечення для здійснення моделювання FlexSim

Отримані дані при імітаційному моделюванні корелюють із значеннями отриманими при аналітичному описі процесу оброблення вантажів на складських лініях.

## **Секція: КОМП'ЮТЕРНО-ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СИСТЕМИ ЗВ'ЯЗКУ**

УДК 044.7; 621.3

**О.В. Балакунець, Є.В. Тиш, канд. техн. наук**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### **МЕТОДИ ТА ПРОГРАМНО-АПАРАТНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ РЕЗЕРВНОГО ЖИВЛЕННЯ В КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМАХ**

**O.V. Balakunets, Ie.V. Tysh, Ph.D**

#### **METHODS AND SOFTWARE-HARDWARE OF BACKUP POWER SYSTEM IN COMPUTER SYSTEMS**

Практично кожен користувач комп'ютерних систем зустрічався з раптовим відключенням електроживлення, внаслідок чого втрачалась важлива інформація або ставались збої в операційній системі. Якщо, наприклад, користувачі ноутбуків завдяки вбудованому акумуляторові ще можуть встигнути зберегти інформацію та вдало завершити роботу системи, то у користувачів персональних комп'ютерів на жаль немає такої можливості.

Під час такого збою електромережі вступає в дію джерело резервного живлення (Uninterruptible Power Supply, UPS), тобто система резервного живлення, що з функціональної точки зору призначена для виконання трьох задач. А саме:

- постійного фонового контролю стану первинної електромережі, що подекуди припускає фільтрацію стрибків вольтажу та електромагнітних перешкод;
- зарядки акумуляторів у режимі очікування та підтримання заряду на рівні, близькому до максимального;
- «видачі» стабільної та рівномірної за обсягом електрики, коли автоматика перемикається на живлення від резервної системи. В результаті вирішення останньої задачі у користувача з'являється короткий проміжок часу, який надає можливість зберегти важливі дані та вдало завершити роботу системи.

Існуючі системи резервного живлення можна класифікувати за потужністю та за принципом дії. Класифікація за потужністю має почасти умовний характер, що пов'язана з використанням або конструкцією системи резервного живлення.

За принципом дії системи резервного живлення можна класифікувати за трьома типами: off-line, on-line та line-interactive.

Принцип роботи джерела резервного живлення першого типу «off-line» (поза лінією) полягає у швидкому переключенні на внутрішні акумуляторні батареї.

Системи резервного живлення другого типу «on-line» (на лінії) отримують постійне навантаження від мережі, тобто вони не перемикаються на внутрішні батареї.

Третій тип «line-interactive» працює за схожим принципом до другого типу, головною відмінністю якого є так званий «бустер» – пристрій стабілізації напруги, який використовує основну схему для зарядки батарей та забезпечує більш швидке перемикання режимів.

Отже, враховуючи вище наведене, можна сказати, що задача забезпечення резервного живлення є вкрай актуальною, оскільки через непередбачуване відключення електроживлення наслідки для комп'ютеризованих систем можуть виявитися негативними, або навіть фатальними (наприклад, для медичних систем, які потребують постійної роботи комплексу пристроїв: відмови серверів, охоронних систем, систем екстреного зв'язку та передачі інформації).

УДК 004.77

**О.М. Барановський, канд. тех. наук, доцент, А.В. Жилін, канд. тех. наук, доцент, Г.С. Голич**

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

## **ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ ДЕТЕКТУВАННЯ ТОЧКОВИХ АНОМАЛІЙ У МЕРЕЖЕВому ТРАФІКУ ЗАСОБАМИ SIEM SPLUNK**

**О.М. Baranovskyi, Ph.D., Assoc. Prof., A.V. Zhylin, Ph.D., Assoc. Prof., H.S. Holych**  
**APPLYING OF MACHINE LEARNING METHOD FOR DETECTING POINT ANOMALIES IN NETWORK TRAFFIC BY MEANS OF SIEM SPLUNK**

Проблема детектування аномалій є поширеною в рамках виконання різних наукових і прикладних задач, зокрема і в аналізі мережевого трафіку. Актуальним залишається питання пошуку оптимального (по вимогливості до ресурсів, часу відпрацювання, якості отриманих результатів) способу детектування аномалій у мережевому трафіку через часту необхідність роботи з непомаркованими різномірними наборами даних, що призводить до значного зниження якості і слабого практичного застосування окремих методів. Метод машинного навчання, за результатами окремих досліджень, є одним з найефективніших при вирішенні такого роду задач.

Метою роботи є дослідження інтегрованих алгоритмів машинного навчання в модулі ML Toolkit SIEM Splunk для визначення алгоритмів, що будуть доцільними у вирішенні задачі детектування відхилень (outliers) у мережевому трафіку.

Детектування точкових аномалій за використання ПЗ SIEM Splunk (SPL запитів) найчастіше здійснюється наступними методами:

- використання статичного порогового значення (threshold). У результаті виконання SPL запиту точковими аномаліями визначаються ті, що перевищують, або є нижчими за встановлене порогове значення.

- Використання середнього значення з статичним множником. У результаті виконання SPL запиту обраховується середнє значення по наявним числовим даним (з можливістю групування за додатковими полями) і обирається множник, від якого буде залежати верхнє порогове значення.

- Використання середнього значення з множником стандартного відхилення [1]. У результаті виконання SPL запиту, як і в попередньому методі, обраховується середнє значення і застосовується множник стандартного відхилення, який визначає фіксоване верхнє і нижнє порогове значення.

- Використання динамічного середнього значення з множником стандартного відхилення. У результаті виконання SPL запиту обраховується середнє значення для числових даних у групах і встановлюється крок, з яким буде обраховуватись середнє значення для наступної групи. Тому отримані верхнє і нижнє порогові значення будуть динамічними.

Також, для виявлення точкових аномалій засобами SIEM Splunk може використовуватись модуль MLTK (Machine Learning Toolkit), що представляє необхідний функціонал для виконання більш інтелектуальних обчислень, ніж тих, що запропоновані в попередніх методах. Було розглянуто стандартні алгоритми, інтегровані в модуль ПЗ Splunk MLTK, що стосуються категорії виявлення аномалій – DensityFunction, LOF (LocalOutlierFactor) та OneClassSVM [2].

Для порівняння вищеописаних методів детектування точкових аномалій було використано помаркований тестовий датасет traffic\_1h.csv, який містить 17779 записів про

статистику отриманих мережевих даних з 3 сенсорів (sensor1, sensor2, sensor3) за протоколами (DNS, HTTP, HTTPS) протягом 1 години. Аномальною поведінкою для такого випадку вважаються відхилення від нормального розподілу у значеннях count (екстремуми), які залежать від конкретного сенсору і протоколу.

Тестування методів детектування точкових аномалій засобами SIEM Splunk продемонструвало більш якісні результати при застосуванні методу машинного навчання порівняно з іншими, незважаючи на більшу часову затримку в обрахунках.

Для порівняння результатів тестування інтегрованих алгоритмів модулю Splunk MLTK було застосовано підхід, що базується на побудові матриці похибок Confusion Matrix, де оцінка алгоритмів залежить від співвідношень елементів матриці. А саме:

- Precision (точність) – частка виявлених викидів, які є істинними аномаліями;
- Recall (повнота) – частка реальних викидів, які було виявлено системою;
- Accuracy (точність) – частка правильно класифікованих результатів до загального числа випадків (довжини вибірки);
- F1 – міра, що є середнім гармонічним між повнотою (precision) і точністю (recall).

Результати порівняння наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Результати тестування інтегрованих алгоритмів модулю Splunk MLTK

Метод детектування точкових аномалій	Precision	Recall	Accuracy	F1
Алгоритм DensityFunction	0.83	0.12	0.97	0.19
Алгоритм LOF	0.64	0.031	0.88	0.041
Алгоритм OneClassSVM	0.46	0.0054	0.56	0.011

Крім цього, візуалізація результатів відпрацювання алгоритмів в модулі Splunk MLTK є більш зручною для регулювання окремих параметрів, що спрощує процес порівняння результатів відпрацювання ML алгоритмів між собою для визначення оптимального способу вирішення поставленої задачі.

За використання модулю Splunk MLTK з мінімальною конфігурацією параметрів найбільш точного результату було досягнуто за використання алгоритму DensityFunction. Менш точними були результати з використанням алгоритму LOF (LocalOutlierFactor), де значній кількості середньостатистичних значень було надано мітку isOutlier=1 (визначено як викиди). Недоліком подальшого використання даного алгоритму може бути те, що зберігання моделей не підтримується і тому модель, відренована на тестових даних не може бути застосована до нових даних. Найменш точні результати було отримано за використання алгоритму OneClassSVM. Більшість середньостатистичних значень отримала мітку isNormal=-1 (визначено як викиди), на що практично не впливала конфігурація параметрів. Загалом, алгоритм застосовується переважно для пошуку новизни в даних, тому ймовірно його використання було б більш доцільним для іншого набору даних або в ансамблі з іншим алгоритмом.

Як висновок, на основі відпрацювання тестового датасету доцільним вважається створення і подальше тренування моделей з використанням алгоритмів DensityFunction та LocalOutlierFactor.

#### Література:

1. Finding and removing outliers . Splunk Cloud Platform. Search Manual URL Режим доступу: <https://docs.splunk.com/Documentation/SplunkCloud/8.2.2109/Search/Findingandremovingoutliers>.

2. Algorithms in the Machine Learning Toolkit Splunk Machine Learning Toolkit. User Guide URL: <https://docs.splunk.com/Documentation/MLEApp/5.3.0/User/Algorithms>.

УДК 004.031.6:621.317.7

**В.П. Волоський, к.т.н. Ю.З. Лещин, Н.Р. Романишин**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ТА БАЛАНСУВАННЯ ЛІТІЙ-ІОННИХ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ**

**V.P. Voloskyi, Ph.D. Yu. Z. Leshchyshyn, N.R. Romanishyn**

**COMPUTER CONTROL SYSTEM AND BALANCING OF LITHIUM-ION BATTERIES**

Сучасні тенденції активного використання альтернативних джерел електричної енергії пов'язані із потребою зберігання енергії, оскільки генеруючі потужності працюють лише у певні моменти часу (наявність сонця, вітру, тощо). Одним із способів зберігання електричної енергії є використання літій-іонних акумуляторів. Такий тип акумуляторних батарей (АКБ) містить багато комірок, які для ефективного та тривалого використання, потребують контролю режимів заряду та розряду. Ці задачі покладені на систему контролю батареї (СКБ) (battery management system — BMS).

СКБ відслідковує режими заряду і розряду батареї, захищає її від перезаряду і перерозряду, що є критичними для літій-іонних акумуляторів. Також важливою задачею СКБ є балансування комірок батареї, що суттєво підвищує ефективність і тривалість використання батареї. Зокрема дану технологію найбільш активно використовують при розробці різноманітних рухомих засобів від безпілотників до електроавтомобілів (Nisan, Tesla та інші), що збільшує запас ходу до 20% [1].

Тому важливою задачею є побудова комп'ютерної системи контролю та балансування літій-іонних акумуляторних батарей, яка б не лише виконувала функції СКБ але й мала можливість обміну даними з контролером вищого рівня та гнучкого нарощення архітектури при збільшенні ємності енергосховища.

Для побудови такої СКБ необхідно вирішити такі завдання: 1) забезпечити режими роботи батареї та її захист від перезаряду і перерозряду (вирішується існуючими мікросхеми чи алгоритмами); 2) забезпечити балансування комірок батареї, що є не простою задачею, оскільки існує багато алгоритмів балансування і вони потребують оптимального налаштування до параметрів літій-іонного акумулятора та його старіння в процесі експлуатації; 3) забезпечити гнучкість зміни архітектури при збільшенні ємності АКБ шляхом застосування ієрархічної структури з обміном по протоколу CAN, SPI та ін. Найскладнішим є саме друге завдання.

Складність балансування полягає в тому що, найчастіше використовувані алгоритми пасивного балансування є простими і мають низьку точність, або складними і дають високу точність балансування. Існуючі алгоритми поділяють на такі, які базуються на: поточній напрузі комірки батареї, напрузі комірки при розімкненому колі Open-circuit voltage (OCV), і рівні заряду комірки State of charge (SoC).

Алгоритм, який базується на напрузі комірки батареї є легким в реалізації, але може бути не точним, оскільки в даному алгоритмі припускається, що всі послідовно включені комірки мають однаковий SoC, якщо напруга на їхніх клеммах є однаковою. Однак дане твердження буде хибним, якщо одна із комірок має більший внутрішній опір, а отже дасть менше енергії, на відміну від сусідньої комірки з меншим опором. І такий розбаланс може призводити до втрати більше 13% ємності АКБ [1].

Алгоритм, який базується на оцінці значення OCV передбачає, що заздалегідь, на випробувальному стенді отримано криві OCV та SoC для діапазону температур від -20 °C до +60 °C, які зберігаються в пам'яті мікроконтролера для визначення поточної енергії акумулятора за його напругою. Даний алгоритм є недосконалим, оскільки у зв'язку із старінням АКБ ємність кожної комірки змінюється по-різному, що призведе до втрат енергії та прискорення старіння батарей. Розбаланс для такого алгоритму на початку експлуатації може бути не значним, але з часом він досягає 8% [1].

Алгоритм, який базується на оцінці значення SoC — це технічно найскладніший алгоритм балансування. Він базується на інформації про історію SoC кожної комірки та обчисленні часу, який необхідний для балансування кожної комірки на основі методики [1]. В результаті застосування цього алгоритму розбаланс комірок АКБ можна звести до 1.6% [1], однак він є складним в реалізації, оскільки необхідно з високою точністю рахувати накопичену енергію кожною коміркою та час балансування, зберігаючи величину енергії в процесі як заряду так і її розряду.

Оптимального балансування АКБ, що можна досягнути об'єднавши методи балансування за напругою та OCV. Цей модифікований алгоритм при старті системи визначає внутрішній опір кожної комірки. Якщо різниця внутрішніх опорів при однаковій напрузі більша допустимого значення, робота такої системи є неможливою бо комірка є надто деградованою і АКБ може не балансуватись, в іншому випадку система визначає внутрішню енергію комірок за допомогою таблиць OCV та розпочинає роботу. Старт балансування комірок відбувається, із початком зарядки АКБ. Балансуватимуться невеликими струмами усі комірки, які мають різницю напруг більшу за задане значення  $\Delta V$ . Балансування АКБ буде складати 75-100% часу зарядки.

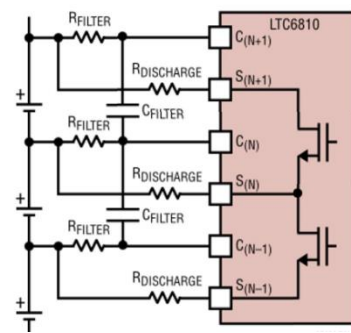


Рисунок 1 – Схема підключення акумуляторів до мікросхеми балансування

Такий, модифікований алгоритм доцільно використовувати при використанні сучасних спеціалізованих мікросхем типу LTC6810, особливо, якщо кола вимірювання напруг та балансування будуть незалежними, як це показано на рисунку 1.

Отже, СКБ, яка використовує модифікований алгоритм, що базується на об'єднанні двох існуючих алгоритмів. Балансування відбувається невеликими струмами протягом всього часу заряджання з досить високою точністю. Це зменшує витрати енергій на балансування, а також зменшує час балансування АКБ. Алгоритм розроблено спеціально для сучасних мікросхем балансування літій-іонних акумуляторів і є простим в реалізації. А його застосування для побудови систем зберігання електричної енергії та рухомих об'єктів з електричним приводом підвищує їх ефективність на 15-20% за рахунок повнішого накопичення і віддачі енергії АКБ. Сама ж АКБ матиме рівномірне старіння комірок, що підвищить її строк експлуатації. В подальшому необхідно визначити ефективність балансування запропонованого алгоритму у порівнянні з іншими подібними алгоритмами, що потребує спеціалізованого вимірювального обладнання з високою точністю.

### Література:

1. Fleischer C. Simulative comparison of balancing algorithms for active and passive cell balancing systems for lithium-ion batteries / C. Fleischer, B. Ostendorp, D. Uwe Sauer. – 802. – P. 9.



УДК 378.147

**А. В. Гайдар, В. А. Готович, канд. техн. наук**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ЗАСТОСУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНО-ІНФОРМАЦІЙНИХ ЗАСОБІВ В ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ**

**A.V. Haidar, V. A. Hotovych, Ph.D**

### **APPLICATION OF COMPUTER INFORMATION AIDS IN THE PROCESS OF EDUCATION**

Науково-технічний прогрес та розвиток технологій не минули сектору освіти. Інформаційні технології (ІТ) підвищили доступність та ефективність надання освітніх послуг [1]. До основних переваг застосування ІТ в освіті належать:

1. Спрощений доступ до навчальних матеріалів. За допомогою мережі Інтернет здобувачі мають змогу користуватися необхідними для навчання матеріалами (електронні книги, посібники, засоби для перевірки та контролю знань тощо);

2. Безперервність процесу навчання. Здобувачі можуть навчатися в зручний для них час та в умовах гнучкого графіку;

3. Обмін знаннями та неформальне спілкування в позаурочний час. Різноманітні онлайн-засоби (форуми, блоги, спільноти, чати, вебінари) дозволяють обговорювати навчальний матеріал та отримані завдання, брати участь в різного роду дискусіях, розширювати світогляд, розвиватися як в інтелектуальній так і в культурній сфері;

4. Використання широкого спектру звукового та візуального (мультимедійного) матеріалу, що зумовлює підвищення ефективності та доступності подачі матеріалу від вчителя (викладача) до учня (студента) [2];

5. Технології дистанційного навчання, які дозволяють здобувати освіту віддалено, навіть за кордоном, без необхідності регулярної фізичної присутності здобувача освіти в початковому закладі;

6. Належне ведення обліку, до якого належить контроль за своєчасністю та успішністю виконання здобувачами завдань та облік відвідування занять.

Важливе місце серед ІТ в освіті посідають засоби для контролю знань, в тому числі дистанційного, як інструмент контролю за процесом засвоєння знань (поточний контроль) та підсумкового контролю отриманих знань в результаті проходження навчальної програми (курсу, семестру, модуля).

В даній роботі пропонується проект програмної платформи для перевірки знань шляхом тестування. Дана платформа розроблена з використання технологій: NodeJS, СУБД PostgreSQL, та фреймворками NestJS і Angular. Вона відрізняється від більшості інших: безкоштовною ліцензією, web-інтерфейсом (не потрібно розгортати сервери), зручнішим інтерфейсом, та кращою перевіркою під час складанням тесту.

На основі досліджень доведено, що інформаційні технології мають позитивний вплив на процес навчання, це здешевлює навчання, дозволяє проводити його в ігровій формі тощо. Але виключно дистанційне навчання має ряд недоліків: низька мотивація студентів, відсутність "живого" спілкування, та недостатнім захистом від списування. Тому рекомендується: поєднувати дистанційне навчання з очним, та використовувати ПЗ з більш суворим контролем під час складання тесту.

#### **Література:**

1. Анисимов П.Ф. Новые информационные и образовательные технологии как фактор модернизации учебного заведения // СПО. - 2004. - №6., С. 2

2. Дворецкая А.В. Основные типы компьютерных средств обучения // Педагогические технологии. - 2004. - №2.

УДК 044.3; 621.3

О.Р. Гончаренко, Є.В. Тиш, канд. техн. наук

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

## СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ СОНЯЧНИХ ТРЕКЕРІВ

O.R. Honcharenko, Ye.V. Tysh, Ph.D

### SOLAR TRACKER CONTROL SYSTEMS

Сонячний трекер або система спостереження за Сонцем – це пристрій, який призначений для відстеження руху сонця по небосхилу та орієнтації фотоелектричних панелей під оптимальним кутом, що складає 90 градусів, до сонячних променів протягом дня.

На сьогоднішній день практичне застосування знайшли сонячні трекери двох типів [1,2]:

– одноосьові, що обертають фотоелектричні панелі тільки в одній з площин: горизонтальній або вертикальній;

– двоосьові, що забезпечують орієнтацію фотоелектричних панелей за двома осями обертання та мають максимальний ККД фотоперетворення протягом всього року.

Зазначені сонячні трекери можуть бути реалізовані на основі різних методів керування, що зводяться до трьох основних систем [3].

Перша система містить фотодатчики, які отримують інформацію про поточне місцеперебування сонця на небі. Пристрій керування сонячного трекера аналізує показники та на основі них зорієнтовує фотоелектричну панель в напрямку сонця. Суттєвим недоліком даної системи є те, що в похмуру погоду або через забрудненість фотодатчиків інформація, отримана за їх допомогою, буде суттєво відрізнятися і, тому, трекеру не вдасться коректно визначити положення сонця.

Іншою системою керування сонячним трекером є система, що основана на використанні таймеру та заздалегідь розрахованої в ручну інформації про положення сонця, що згодом вносяться в пристрій. Точність орієнтації за допомогою таких пристроїв є невеликою, оскільки сонце протягом року змінює свій час сходу та заходу, а також розташування щодо горизонту.

Найбільш ефективною є система керування третього типу, в якій пристрій керування, виходячи з географічних координат і точного часу, самостійно розраховує положення сонця за допомогою формул небесної механіки. На основі цих даних сонячний трекер може точно зорієнтувати фотоелектричну панель в напрямку сонця.

Доповідь присвячено огляду існуючих варіантів встановлення сонячних трекерів, їх характеристикам, обґрунтуванню вибору методів їх керування, а також вибору апаратного та програмного забезпечення для побудови комп'ютеризованих систем стеження за Сонцем.

#### Література:

1. Сонячний трекер. Що це і кому варто встановлювати? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://prel.prom.ua/ua/a279654-sonyachnij-treker-scho.html>
2. Сонячні електростанції на трекерах [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://setech.in.ua/solnechnye-jelektrostantsii-na-trekerah>
3. Солнечный трекер [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://greenchip.com.ua/26-0-0-0.html>

УДК 004.4

Жаровський Р.О. канд. техн. наук, Дармопук Д.В.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОННОГО НАВЧАННЯ

Zharovskyi R.O. PhD, Darmopuk D. V.

### CHARACTERISTICS OF E-LEARNING SYSTEMS

До складу базової архітектури традиційних систем електронного навчання та систем дистанційного навчання належать такі складові як:

- компонент реєстрації користувача та управління правами доступу до системи;
- компонент для провадження навчального процесу;
- модуль створення та оцінювання тестових завдань;
- компонент, що надає можливості формування та використання різних видів навчальних матеріалів;
- модуль для експорту та імпорту навчальних матеріалів з підтримкою різних форматів;
- компонент, що забезпечує інтерактивну складову взаємодії користувачів курсів: «лектор-студенти», «студенти-студенти», «студенти-лектор»;
- компонент фіксації активності користувачів.

Впровадження і застосування систем дистанційного навчання володіє рядом переваг і недоліків. Основними перевагами систем дистанційного навчання є:

- гнучкість – передбачає можливість одночасного або паралельного навчання у різних локаціях;
- свобода вибору – можливість здобувача освіти самостійно обирати швидкість навчання, формувати мітки матеріалу, наприклад, матеріал, який варто повторити, засвоєний матеріал, не цікавий і т.д.;
- формування власного розкладу навчання – передбачає навчання у зручний для студента час та у комфортних умовах;
- навчання під псевдонімом – забезпечення режиму інкогніто, що зумовлені певними обставинами;
- доступ до знань та освіти людьми з обмеженими можливостями;
- зростання особистих якостей студентів – полягає у виникненні почуття відповідальності, дисциплінованості та самоорганізованості;
- зростання навчальної аудиторії – системи дистанційного навчання дозволяють одночасно проводити навчання для більшого кола студентів, з різним рівнем знань та поглядів на життя;
- простота створення віртуального середовища – можливість викладачів, студентів тощо завдяки використанню сучасних інтернет технологій, за допомогою яких стає можливим обговорення між викладачами певних проблем, вирішення спільних завдань, обмін досвідом чи інформацією тощо.

До недоліків електронного навчання входять: відсутність прямої безпосередньої взаємодії між учасниками навчального процесу, методичні матеріали позбавлені емоційного забарвлення, складність створення творчої атмосфери, необхідність наявності відповідного апаратного і програмного забезпечення та ін.

УДК 659.2

С.А. Криськова

Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, Україна

## ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ. ПОБУДОВА ГЕОІНФОРМАЦІЙНОЇ КАРТИ «ВИДАТНІ УКРАЇНСЬКІ ВЧЕНІ»

S.Kryskova

### CHARACTERISTICS OF GEOINFORMATION SYSTEMS. CONSTRUCTION OF GEOINFORMATION MAP “OUTSTANDING UKRAINIAN SCIENTISTS”

Геоінформаційні системи – це прогресивні комп’ютерні технології, які використовуються для створення карт і оцінки фактично існуючих об’єктів, а також подій, що відбуваються в світі. При цьому візуалізація і просторовий огляд поєднуються з стандартними процесами баз даних [1]. Такі характеристики дозволяють широко застосовувати ГІС для вирішення багатьох проблем, наприклад, для аналізу фізичних явищ і подій на планеті або забруднення місцевості.

Геоінформаційну систему можна вважати комплексом п’яти взаємодіючих компонентів. Ними є апаратне і програмне забезпечення, географічні дані, регламент і користувачі. Неодмінною умовою реалізації ГІС є присутність найважливішого елемента – мислячих користувачів, які володіють достатньою підготовкою для аналізування земного простору, роботи з географічними відомостями, уміють працювати в середовищі ГІС-додатків, створювати і підтримувати їх, мають достатньо обізнані з предметною сферою застосування ГІС. Для створення ГІС потрібні виконавці, а для злагодженої роботи – користувачі, причому відсоток останніх складає лівову частку [2].

За останні десятиріччя у світі з’явилося багато геоінформаційних систем з різноманітними цілями та можливостями. У зв’язку з цим створено різні класифікації, які об’єднують ГІС за певними ознаками. Наведемо найпоширенішу класифікацію ГІС:

- за призначенням, тобто залежно від мети використання ГІС;
- за проблемно-тематичною орієнтацією, в залежності від сфери використання ГІС;
- за територіальним охопленням, коли враховується розмір території і масштабованого ряду цифрових картографічних даних, які складають БД даної ГІС [3].

Для того, щоб використовувати геоінформаційні системи потрібно перетворити дані у належний цифровий формат. Перебіг, за якого дані з паперових карт перетворюються в комп’ютерні файл - оцифрування.

До основних функцій геоінформаційних систем відносять [4]:

- збір даних;
- зберігання даних;
- запит;
- аналіз;
- представлення даних;
- видача результатів.

Для створення власної ГІС я обрала веб-додаток «Google Maps». Спершу було створено базу даних на основі книги Шендеровського В. «Видатні українські вчені». А далі робота проводилась безпосередньо у веб-застосунку, а саме:

- було вигружено базу даних;
- змінено стиль та вигляд карти;
- додано мітки відповідно до місця народження вченого;
- розподілено мітки за кольорами – ті, що народились за кордоном, позначені відмінним кольором.

Готову ГІС зображено на рисунку 1.1. А відображення інформації про вченого зображено на рисунку 1.2.

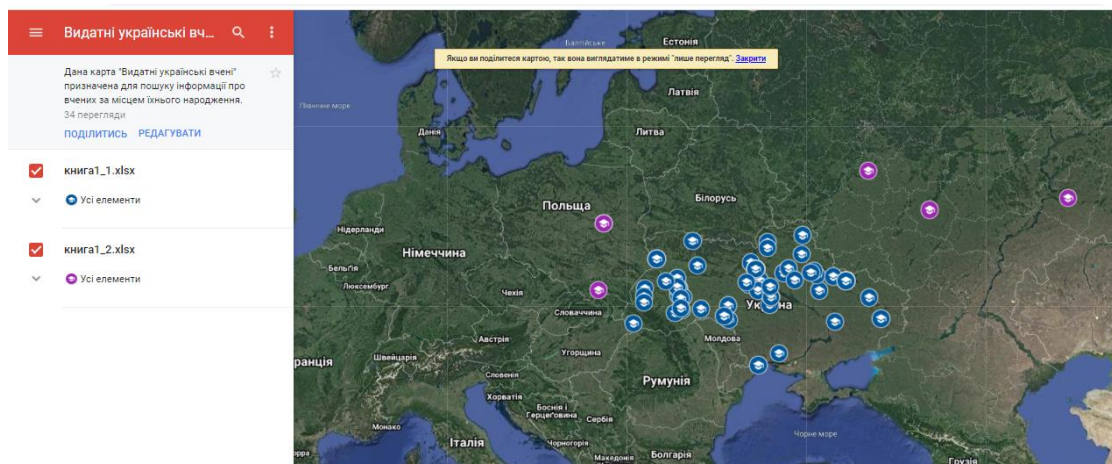


Рисунок 1.1 – Вигляд карти в режимі перегляду

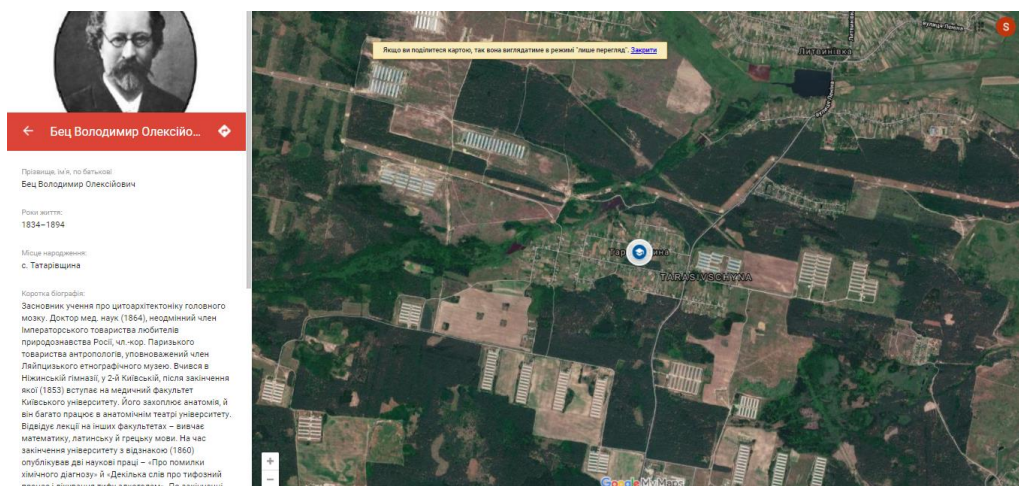


Рисунок 1.2 – Відображення інформації про вченого

Отже, ГІС – це важливий інструмент, який дозволяє використовувати дані місцевості, аналізувати та досліджувати їх. А якісно оволодіння спеціальним ПЗ для роботи з такими картами дозволяє самостійно створювати віртуальні карти будь-якої тематики.

### Література:

1. Konesny M. Geograficke informacni systemy. Folia prirodoved. fak. UJEP v Brne. 1985. T. 26, № 13. 196 s.
2. Шипулін В.Д. Основні принципи геоінформаційних систем. Харків: ХНАМГ, 2010. 314 с.
3. Применение ГИС [Електронний ресурс]. Режим доступу: [http://gis-laris.narod.ru/primen\\_gis.htm](http://gis-laris.narod.ru/primen_gis.htm).
4. Географічні інформаційні системи в геології [Електронний ресурс]. Режим доступу: [http://www.geol.univ.kiev.ua/docs/programs/GeoIS\\_geology.pdf](http://www.geol.univ.kiev.ua/docs/programs/GeoIS_geology.pdf).

УДК 004.031.6: 004.056

Д.В. Кунинець, к.т.н.

Ю.З. Лещишин

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ЗАСТОСУНОК ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ДАНИХ РОЗУМНОГО БУДИНКУ

**D. Kunynets, Ph.D. Yu. Z. Leshchyshyn**

### SMART HOME DATA MONITORING APPLICATION

З кожним роком в житті людей все більше з'являється автоматизації на рівні побуту. Інтернет речей вливається в повсякденне життя і разом з тим все більшу популярність набирають «розумні будинки». «Розумні будинки» оснащують сигналізацією, системами розпізнавання обличчя та голосу [1], автоматизованими вікнами та дверима, датчиками температури, вологості, освітленості та багатьма іншими [2]. В зв'язку з цим з'являється необхідність можливості керування та моніторингу даних цих підсистем максимально зручно для кінцевого користувача.

Для вирішення такої задачі необхідно проаналізувати існуючі засоби моніторингу даних розумного будинку, зокрема їх користувацький інтерфейс (front end) на рахунок ергономіки та зручності користування. А також статистичні методи обчислення спожитих ресурсів і т.п., тобто back end. Це надасть інформацію про функціональні можливості та зручність користування існуючих додатків та задасть напрям удосконалення або розробки нового застосунку.

Стосовно ергономіки користувацького інтерфейсу необхідно увагу приділити найбільш використовуваним вкладкам для відображення, якими є: поточний стан будинку, статистики витрат та налаштування і програмування режимів роботи обладнання «розумного будинку». Основні параметри затрат електроенергії, водопостачання, рівень освітленості, вологість повітря, температура приміщення необхідно відповідним чином поділити між цими вкладками. Втім актуальною залишається задача коректного та зручного відображення цих параметрів для користувача. Для її вирішення потрібно продумати структуру та дизайн застосунку. Він має бути зручний та зрозумілий для користувача, візуально лаконічний та з можливістю персоніфікації.

Стосовно статистичних методів обчислення спожитих ресурсів, тобто back end то для побудови застосунку необхідно використати такі статистичні методи, які відповідають сучасним математичним моделям процесів електро, газу та водоспоживання і враховують їх періодичність споживання та генерації (наприклад електроенергія від сонячних панелей). А також ці методи повинні давати прогноз витрати ресурсів для задач планування та оптимального використання (прання вдень чи вночі якщо є сонячні панелі і багато тарифний лічильник) або резервування (заряджання електричних акумуляторів, або нагрів теплового акумулятора теплої підлоги).

Загалом передбачити всі сценарії роботи «розумного будинку» дуже складно. Однак необхідність створення застосунку для керування «розумним будинком» потребує детального обґрунтування та вибору існуючих методів та засобів його реалізації. Що уможливить створення зручного у використанні та перспективного застосунку для моніторингу даних «розумного будинку».

#### Література:

1. В.А. Марків, Г.М. Осухівська, Ю.З. Лещишин, А.М. Луцків. Комп'ютерна система аутентифікації осіб // Матеріали XX наукової конференції ТНТУ ім. І. Пулюя. 2017. – С. 90–91.
2. Лещишин Ю.З., М.В. Павлюк. Проектування системи контролю та управління температурними режимами «розумного будинку» // Збірник тез доповідей ІХ Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“. ТНТУ 2020. С. 60–61.

УДК 004.056.57, 004.492, 004.89

Р. М. Кучерешко

Західноукраїнський національний університет, Україна

## СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ШКІДЛИВИХ ПРОГРАМ

R. M. Kuchereshko

### DECISION SUPPORT SYSTEM BASED ON FUZZY LOGIC FOR MALWARE DETECTION

На сьогоднішній день існує багато засобів захисту інформації, зокрема і в мобільних пристроях, що працюють на програмному і апаратному рівнях. Сучасні системи захисту інформації знаходяться на високому рівні і демонструють добрі результати. Мобільні пристрої застосовуються для широкого кола завдань і є зручним засобом для вирішення багатьох питань. Цим обумовлена висока швидкість зростання функціональних можливостей мобільних пристроїв. На тлі цієї тенденції існує проблема комплексного захисту інформації. Зловмисники мають сьогодні у своєму арсеналі безліч різних засобів і активно використовують їх для досягнення своїх протиправних цілей.

У ОС для мобільних пристроїв ефективно можуть використовуватися «класичні» методи, що добре зарекомендували себе. Вони засновані на сигнатурному аналізі і ефективно працюють за наявності відповідної сигнатури у відповідній базі, але для того, щоб вона там з'явилася, необхідно певний час, що може послужити ключовим моментом для застосування нових шкідливих програм.

Вищевикладене примушує розробників у сфері ОС для мобільних пристроїв проводити аналіз поведінкового характеру для виявлення шкідливих програм. Розробка комплексних засобів захисту дозволяє виявляти шкідливі програми як на рівні поведінки, так на сигнатурному рівні.

Об'єднання нечіткого логічного висновку і експертних оцінок є одним з перспективних підходів до організації систем динамічного аналізу шкідливих програм з метою підвищення надійності захисту інформації [1-3].

Система виявлення шкідливих програм реалізована із застосуванням машини опорних векторів [4] і системи підтримки прийняття рішень на основі нечіткої логіки по алгоритму Мамдані [5-8].

Машина опорних векторів навчається і тестується на вибірці, в якій кожному класу складені вектори поведінки програм, потім виконує класифікацію на два класи virus і ok. За допомогою системи підтримки прийняття рішень на основі даних результату роботи машини опорних векторів і додаткових критеріїв здійснюється виведення остаточного результату в процентному співвідношенні. Система виявлення шкідливих програм є об'єднанням двох методів. В якості вхідних даних використовується розроблена експериментальна вибірка, отримана шляхом аналізу роботи системи в цілому.

Навчання машини опорних векторів для класифікації програм проходить в два етапи. На першому етапі проводиться навчання на експериментальній вибірці машини опорних векторів, внаслідок чого вона стає здатною коректно розподіляти по класах програми. Навчальна вибірка включає список доступних 152 дозволів на запуск і використання ресурсів, необхідних для роботи програми, а також виявлених 12 ознак, властивих поведінці програм. Таким чином, були складені вектори поведінки як шкідливих, так і безпечних програм. До складу навчальної вибірки увійшли 67 складених векторів програм. Тестова вибірка включала 33 вектори програм з внесенням змін з метою ускладнити завдання виявлення шкідливих програм.

На другому етапі формалізуються додаткові ознаки і задаються у вигляді функцій приналежності для системи підтримки прийняття рішень. До складу функцій приналежності також входить результат класифікації машиною опорних векторів. Потім формується база

правил для коректного функціонування системи підтримки прийняття рішень. На підставі усіх ознак і результатів роботи машини опорних векторів отримуємо результат, виражений у відсотках.

Алгоритм функціонування системи складається з наступних кроків:

- формування вектору ознак з програми;
- подається вектор ознак програми (шкідлива або безпечна програма) на вхід SVM-класифікатора;
- здійснюється класифікація машиною опорних векторів на два класи virus і ok;
- результат класифікації і додаткові ознаки, задані у вигляді функцій, подаються блоку «система підтримки прийняття рішень»;
- на підставі правил проводиться аналіз результатів;
- виводиться результат у відсотках.

Таким чином, модель системи виявлення шкідливих програм має у своєму складі два блоки: машина опорних векторів, яка здійснює класифікацію з високою ефективністю, і система підтримки прийняття рішень на основі нечіткої логіки, яка дозволяє підвищити точність класифікації машиною опорних векторів з урахуванням перешкод і дати точний результат. Таким чином, можна здійснювати виявлення шкідливих програм при їх відсутності у базі сигнатур, спираючись на поведінку, властиву шкідливим і безпечним програмам.

#### **Література:**

1. Dubchak L., Komar M. Speedy procesing method of fuzzy data for intelligent systems of intrusion detection. Projekt interdyscyplinary projektem XXI wieku: Processing, transmission and security of information. Bielsko-Biala, 2017. T. 2. Pp. 65-74.
2. Komar M., Kochan V., Dubchak L., Sachenko A., Golovko V., Bezobrazov S., Romanets I. High performance adaptive system for cyber attacks detection. The 9th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications : Proceedings (Bucharest, Romania, September 21-23, 2017). Bucharest, 2017. Vol. 2. Pp. 853-858.
3. Комар М., Саченко А., Кочан В. Підвищення безпеки системи виявлення вторгнень на основі використання апаратних засобів. Сучасні проблеми інформатики в економіці, управлінні, освіті та подоланні наслідків Чорнобильської катастрофи : матер. XV-го міжнар. наук. семінару, Київ – оз. Світязь, 4-8 липня, 2016. С. 271-275.
4. Nello Cristianini, John Shawe-Taylor. An Introduction to Support Vector Machines and Other Kernel-based Learning Methods. - Cambridge University Press, 2000.
5. Ross T.J. Fuzzy Logic with Engineering Applications. McGraw-Hill Inc.(USA). 1995. 600 p.
6. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. М.: Телеком. 2006. 382 с.
7. Штовба С.Д. Обеспечение точности и прозрачности нечеткой модели Мамдани при обучении по экспериментальным данным. Проблемы управления и информатики. 2007. №4. С. 102-114.
8. Dubchak L., Vasykiv N., Kochan V., Lyapandra A. Fuzzy Data Processing Method. The 7th IEEE International Conference Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems : Technology and Applications : Proceedings (Berlin, Germany, September 12-14, 2013). Berlin, 2013. Vol. 1. Pp. 373-375.



УДК 004.434; 004.852

А.Д. Лавренів, І.В. Бойко канд. фіз.-мат. наук, доцент

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## РОЗРОБКА МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ З ВИКОРИСТАННЯМ СЕРЕДОВИЩА WOLFRAM MATHEMATICA ТА МОВИ ПРОГРАМУВАННЯ C++

A.D. Lavreniv , I.V. Boyko Ph.D, Assoc. Prof.

### DEVELOPMENT OF METHODS FOR RESEARCH OF NEURAL NETWORKS USING WOLFRAM MATHEMATICA AND C ++ PROGRAMMING LANGUAGE

В мові Wolfram Language нейронні мережі побудовані з шарів. Шар - це термін, який можна застосовувати до набору вузлів, які працюють разом на певному рівні в нейронній мережі. Дані, що обробляються шарами, відносяться до числового типу, а не будь-якого іншого. Вхідні змінні можуть бути: вектором, одновимірним списком; матрицями, двовимірними списками і масиви, списками списків або будь-яким іншим числовим тензором.

Лінійний шар є найбільш поширеним і широко використовуваним шаром в нейронній мережі.



Рис. 1. Об'єкт, що відповідає лінійному шару LinearLayer

Кожен створений нами шар має порт введення і порт виводу. Кожен порт має пов'язаний з ним розмір того, що входить в шар, а що виходить. Загальний вигляд лінійного шару задається наступним виразом скалярного добутку  $w \cdot x + b$ , де  $x$  - вектор даних,  $w$  - матриця ваг, а  $b$  - вектор зміщення.

Підготувавши дані і модель, приступаємо до навчання моделі. Як тільки навчання починається, отримується інформаційна панель з чотирма основними результатами.

1. Summary: містить релевантну інформацію про партії, раундах і терміни.
2. Data: включає оброблену інформацію про дані.
3. Method: показує використовуваний метод, розмір партії і пристрій, що використовується для навчання.
4. Round: поточний стан розміру збитку.

Після того, як навчання пройдено, отримання навченої мережі та реалізації моделі виглядає наступним чином на Рис.2

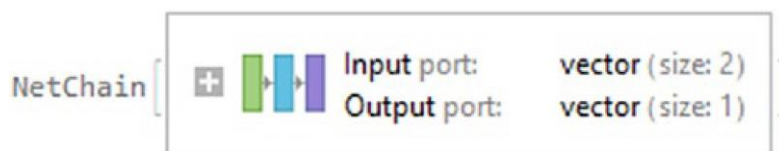


Рис. 2. Виведена навчена мережа

Тепер продемонструємо, як навчена мережа ідентифікує кожну з точок, викреслюючи кордон з графіком розподілу щільності.

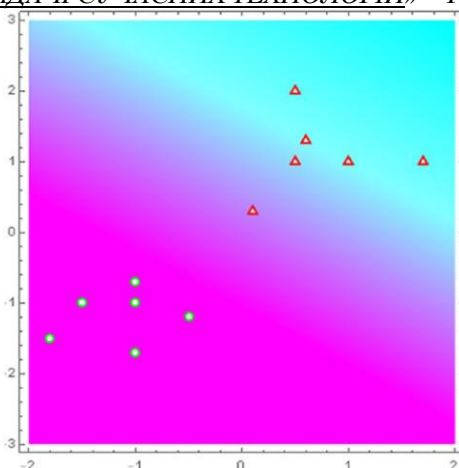


Рис. 3. Графік класифікації нейронної мережі

Дивлячись на графік, ми бачимо, що кордони нечітко визначені і точки, близькі до нуля, можуть бути неправильно класифіковані. Проте незважаючи на це, цю модель можливо поліпшити. Якщо розмір пакета не вказано, він буде мати автоматичне значення, майже завжди значення рівне 64 або ступеню двійки. Слід розуміти, що розмір пакету вказує кількість прикладів, які модель використовує при навчанні перед оновленням внутрішніх параметрів моделі. Кількість пакетів - це поділ прикладів в навчальному наборі даних за розміром пакета. Оброблені приклади - це кількість раундів (epoch), помножене на кількість навчальних прикладів. Як правило, розмір пакета вибирається таким чином, щоб він рівномірно ділив розмір навчального набору.

Коли пройти весь навчальний цикл тільки один раз, це називається епохою. Щоб краще зрозуміти це, в попередньому прикладі автоматично був обраний розмір пакета, що дорівнює 12, що дорівнює кількості прикладів в навчальному наборі. Тепер кількість епох було автоматично вибрано рівним 10000. При такій кількості епох втрати значно знизяться що ми побачимо на Рис. 4.

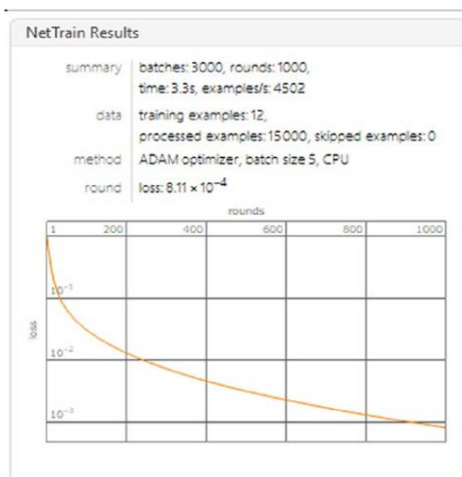


Рис. 4. Результати навчання

### Література:

- [1] S. Wolfram. An Elementary Introduction to the Wolfram Language Second Edition. Wolfram media, 2017. 339 p.
- [2] J.A. Freeman. Simulating Neural Networks with Mathematica. Addison-Wesley Professional, 1993. 352 p.
- [3] R.J. Gaylord, S.N. Karmin, P.R. Wellin. An Introduction to Programming With Mathematica Second Edition : Springfield, 1995. 475p.

УДК 004.05

Я.Р. Лапшин

Західноукраїнський національний університет, Україна

## АНАЛІЗ ЗАГРОЗ КІБЕРБЕЗПЕКИ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЙОГО ВПЛИВУ

Y.R. Lapshin

### ANALYSIS OF CYBER SECURITY THREATS AND RESEARCH OF ITS IMPACT

Коли питання стосується цифрової безпеки, найбільш важливий елемент є аналіз загроз. Це пов'язано з тим, що він передає важливу інформацію, необхідну для забезпечення безпеки IT-інфраструктури компанії. Можливість аналізувати великі обсяги даних з різних джерел майже в режимі реального часу дає аналітикам безпеки перевагу перед традиційними підходами до забезпечення безпеки. За даними Fundera, ринку фінансових рішень для малого бізнесу, статистика загроз кібербезпеки приводить компанії до тями й змушує їх зосереджувати свою увагу на питаннях інформаційної безпеки, з якою більшість із нас зустрічається постійно.

За даними 2021 року: – 43% усіх кібератак сконцентровані на малому бізнесі. – 60% малих підприємств, які стали жертвами кібератак, вимушені закритися впродовж п'яти - шести місяців. – Кіберзлочинність обходить малому і середньому бізнесу більш ніж у 2,2 млрд. доларів на рік. – Число нових комп'ютерних порушень у галузі кібербезпеки зросло на 424%. – Охорона здоров'я – одна з галузей, найбільш схильна до кібератак. – 66% малих підприємств схвилювані можливостями атаки кіберзловмисниками. – 14% малих підприємств оцінили власні можливості зменшувати кіберзагрози і кібератаки як високоефективні. – 47% малих підприємств не розуміють, як захистити себе від кібератак. – 66% підприємств найбільше стурбовані компрометацією даних клієнтів і конфіденційністю їх даних. – Лише у 1 з 4 малих підприємств присутній персонал який вирішує питання інформаційної безпеки. Це всього 25% з усіх компаній. – 22% малих підприємств зашифровують свої дані.

Людський фактор і збої систем становлять понад 50% порушень інформаційної безпеки. Тобто найбільшою загрозою та основним ризиком є людина – працівник компанії або користувач. Також апаратне та програмне забезпечення, яке періодично стає сумнівним та неактуальним у досить короткий відрізок часу. Навіть з наявності стандартних заходів, буде не достатньо для того, щоб ваша команда з інформаційної безпеки була в курсі останніх загроз кібербезпеки. Через те що характер онлайн-загроз досить часто змінюється, оцінка аналітики загроз має ключове значення для любых підприємств. Саме тому основна частина фахівців з кібербезпеки рекомендують підключити послуги цілодобового моніторингу та аналізу, яка допоможе вам вберегтися від нападів зловмисників, а також відреагувати на непередбачену ситуацію.

Основна мета аналізу загроз полягає в тому, що вона дозволяє експертам з безпеки краще зрозуміти як може думати та що може зробити зловмисник. Отримані дані можуть показати на план, метод, мотиви, цілі та процедури, які були використані для здійснення атаки. Фактично, це призводить до покращення засобів безпеки, відносячи до них оцінку, розпізнавання, а також тривалість відповіді на ситуацію.

#### Література:

1. Що таке аналіз загроз в кібербезпеці? [Електронний ресурс]. <https://datami.ua/shho-take-analiz-zagroz-v-kiberbezpeti/>
2. Cyber Security threats Statistics [Електронний ресурс]. <https://www.fundera.com/resources/small-business-cyber-security-statistics/>

УДК 681.518.3

**Р.В. Ларіоник, Н.С. Луцик, Ph.D, доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ**

**R.V. Larionyk, N.S. Lutsyk, Ph.D, Assoc. Prof.**

### **COMPUTER SYSTEM FOR AIR QUALITY REMOTE CONTROL**

Питання покращення екологічної ситуації є надзвичайно важливим, особливо в наш час, коли рівень антропогенного впливу на довкілля є як ніколи високим. Широке застосування засобів дистанційного моніторингу є ефективним інструментом для виявлення джерел забруднення атмосферного повітря, яке полягає у визначенні рівня концентрації шкідливих речовин в повітрі [1]. Тому, впровадження сучасних методів та засобів для підвищення ефективності моніторингу рівня забрудненості атмосферного повітря, як одного з важливих екологічних показників, є актуальною задачею.

Метою даної роботи є розроблення комп'ютерної системи для дистанційного контролю якості атмосферного повітря в режимі реального часу. Дистанційні методи моніторингу з використанням технологій Інтернету речей стають все більше розповсюдженими. Вони дозволяють отримувати інформацію від великої кількості сенсорів одночасно, аналізуючи отриману інформацію в комплексі. Для реалізації мети роботи було використано платформу Raspberry Pi, яка забезпечує збір даних від датчиків, їх обробку та передачу на віддалений сервер. Для контролю якості атмосферного повітря було обрано напівпровідникові датчики, які дають змогу виміряти концентрацію газів SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub>. Результати вимірювань передаються до Raspberry Pi використовуючи інтерфейс I<sup>2</sup>C.

В якості хмарного сервісу було використано онлайн платформу ThingSpeak, яка дозволяє отримувати, відображати та аналізувати дані від пристроїв IoT [2]. Для обміну даними між Raspberry Pi та ThingSpeak використовується протокол RESTful API. В запропонованій системі для моніторингу якості атмосферного повітря в режимі реального часу застосовано принцип фіксації та обробки подій, які постійно аналізуються з врахуванням даних про поточний стан забрудненості атмосферного повітря.

Отже, розроблена система для дистанційного контролю якості атмосферного повітря з застосуванням платформи IoT ThingSpeak дає змогу забезпечити збір, фільтрацію, обробку, збереження, передачу та аналіз інформації про рівень забрудненості повітря. Вона може бути використана для вироблення рекомендацій з метою прийняття обґрунтованих рішень про уникнення ситуацій, які призводять до погіршення екологічного стану. Система моніторингу сприятиме виявленню джерел негативного впливу на навколишнє середовище.

#### **Література:**

1. Живага В.В., Малахова М.О., Шевченко Д.О. Система моніторингу якості повітря на базі IoT. Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна серія «Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління». Вип. 49. 2021. С. 49-57.

2. Іванюк О.О., Влах-Вигриновська Г.І., Близнюк А.М., Сапіга І.В. Система виявлення та очищення приміщення від шкідливих газів на базі технології інтернету речей. Автоматика, вимірювання та керування. Т. 2, № 1(2). 2020. С. 40-48.

УДК 004.89:004.7

Ю.З. Лещишин к.т.н., З.В. Кузик

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ РОЗРОБКИ ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ МЕРЕЖЕВИХ КАБЕЛЬНИХ СИСТЕМ

**Yu. Leshchyshyn Ph.D., Z. Kuzik**

### **METHODS AND TOOLS FOR AUTOMATED DEVELOPMENT OF NETWORK CABLE SYSTEM TECHNICAL DOCUMENTATIONS**

Сучасні інформаційні технології стають все більш розгалуженими і використовують все більше різних мережевих пристроїв, які використовують надійне проводове під'єднання. Ці мережі можуть з'єднувати сенсори і виконавчі механізми в промислових системах використовуючи стандарти передачі даних такі як RS-485, CAN та ін. А при з'єднанні комп'ютерів та інших пристроїв використовують кабелі для Ethernet. Процес створення таких мереж потребує розробки технічної документації мережевих кабельних систем (КС), а сам процес є досить одноманітним і рутинним з багатократним повторенням одних і тих же дій та операцій.

Автоматизація розробки технічної документації мережевих КС потребує використання відповідних методів і засобів, які базуються на моделюванні мереж [1] із адаптацією багатокомпонентних та багатопараметричних [2] моделей та практичному використанні макросів та мови програмування VBA (Visual Basic for Applications).

Методи моделювання КС повинні підтримувати створення візуальних об'єктів будинку, поверху, приміщення. Формування бази даних монтажних виробів, типових наборів та ін. А також формування технічної документації з відповідними формами із авто заповненням на базі моделей, або із використанням макросів.

Складність методів та засобів автоматизованої розробки технічної документації мережевих КС також полягає у підтримці баз даних наявних складських запасів матеріалів і комплектуючих для виготовлення кабелів. Тобто процес авто заповнення повинен відбуватись зі врахуванням наявних матеріалів і комплектуючих із підказками можливої заміни або до замовлення при вичерпанні запасів на складі.

Застосування макросів та мови програмування VBA уможлиблює швидко перевірку працездатності запропонованих методів і засобів автоматизації, або створення нових методів або послідовностей операцій в процесі оформлення технічної документації мережевих КС.

Загалом вибір методів та засобів автоматизованої розробки технічної документації мережевих кабельних систем є складною задачею, яка потребує моделювання, роботи з базами даних та побудови алгоритмів формування технічної документації і звітів.

#### **Література:**

1. Лещишин Ю.З. Методи моделювання роботи комп'ютерних мереж / Ю.З. Лещишин, В.В. Чубатюк // Зб. тез доповідей VII Міжн. Н.-тех. Конф. молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“. – Тернопіль, 2018. – С. 194.
2. Leschyshyn Y. Multicomponent Model of the Heart Rate Variability Change-point / Y. Leschyshyn, L. Scherbak, O. Nazarevych, V. Gotovych, P. Tymkiv, G. Shymchuk. // 2019 IEEE XVth International Conference on the Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH). – 2019. – P. 110–113.

УДК 004.031.6: 616.12-071.6

Ю.З. Лещишин к.т.н., О.О. Марущак

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА ОБЧИСЛЕННЯ ФАЗОВИХ ПАРАМЕТРІВ ФОНОКАРДІОСИГНАЛІВ

Yu. Leshchyshyn Ph.D., O. Marushchak

### COMPUTER SYSTEM FOR EVALUATION PHASE PARAMETERS OF PHONOCARDIO SIGNALS

Захворювання серцево-судинної системи є одними із основних причин смертності у світі (64,3% за дослідженнями на 2019 р.) [1]. Значна частина цих захворювань припадає на ішемічну хворобу серця яку діагностують за допомогою різноманітних діагностичних процедур, однією з яких є фонокардіографія.

Сучасна фонокардіографія використовує одночасний цифровий запис електрокардіосигналу (ЕКС) та фонокардіосигналу (ФКС) з подальшим їх спільним аналізом для виявлення фаз серцевих скорочень у ФКС. А ФКС піддають спектральному або вейвлет аналізу для оцінки спектральних компонент та виявлення фаз серця [2]. Складність реалізації такої процедури полягає в необхідності одночасного оцифрування і запису ФКС. І чим вища синхронність тим краще можна визначити фазові характеристики ФКС.

Для вирішення такої задачі доцільно використати сучасну елементну базу, зокрема мікроконтролери, які мають кілька аналого-цифрових перетворювачів (АЦП) із режимом прямого доступу до пам'яті DMA. Саме використання такої технології уможливорює побудову комп'ютерної система обчислення фазових параметрів ФКС. Зокрема для побудови такої системи доцільно використати мікроконтролер STM32F378CC. Який має три 16 розрядних сигма-дельта АЦП з швидкістю оцифрування 16,6 ksp/s на один АЦП. Отримані дані після оцифрування ЕКС та ФКС при використанні DMA миттєво передаються в пам'ять і не потребують відповідного опрацювання запитів від ядра мікроконтролера, що гарантує високу синхронність запису сигналів. Отримані таким чином дані надсилаються до персонального комп'ютера (ПК), для подальшого опрацювання, використовуючи USB шину. Все наступне опрацювання і аналіз виконується на ПК засобами Matlab Simulink.

Наявність 3-х 16 розрядних сигма-дельта АЦП уможливорює запис 2-х каналів ФКС або іншого серцевого сигналу, та одного каналу ЕКС. Крім того мікроконтролер має ще один 12 розрядний швидкісний АЦП, який можна використати для синхронного запису медичних сигналів з вищою смугою частот. Тому така комп'ютерна система є гнучкою та універсальною для відбору і аналізу ФКС та інших медичних сигналів.

#### Література:

1. Серцево-судинні захворювання — головна причина смерті українців. Висновки з глобального дослідження у 2019 році. [Електронний ресурс] // Центр громадського здоров'я МОЗ України. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://phc.org.ua/news/sercevo-sudinni-zakhvoryuvannya-golovna-prichina-smerti-ukrainciv-visnovki-z-doslidzhennya>.

2. Leschyshyn Y., Semchyshyn O. Periodically correlated heart rate variability detection by Neyman - Pearson criterion / Y. Leschyshyn, O. Semchyshyn. // 2007 9th International Conference - The Experience of Designing and Applications of CAD Systems in Microelectronics. – 2007. – P. 139–140.

УДК 004.031.6: 616.12-071.6

Ю.З. Лещишин к.т.н., В.Є. Петрусь

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ПОБУДОВИ МУЛЬТИКАНАЛЬНОГО СЕРВЕРА В СИСТЕМІ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК»

Yu. Leshchyshyn Ph.D., V. Petrus

### METHODS AND TOOLS FOR A MULTI-CHANNEL SERVER IN THE SYSTEM «SMART HOME» DEVELOPMENT

Сучасний побут все більше використовує різні автоматизовані та комп'ютеризовані пристрої і системи, що покращує комфорт нашого проживання і розвантажує нас від рутинних операцій. Таке автоматизоване і комп'ютеризоване середовище називають «розумним будинком». Саме в такому середовищі виникають можливості відслідковувати витрати енергоресурсів та умов проживання та максимально оптимізувати їх до поточних потреб побуту.

Пристрої, які використовуються в середовищі «розумного будинку» не існують самі по собі, а є джерелом інформації або виконавчими механізмами для складних систем регулювання параметрів як в межах будинку так і за його межами. Зв'язок між собою вони здійснюють проводовими або безпроводними інтерфейсами, використовуючи їх переваги для побудови розгалужених мереж обміну даними. Так для під'єднання низько швидкісних але відповідальних систем керування комунікаціями використовують проводовий інтерфейс CAN, а для високошвидкісних систем відео спостереження використовують Ethernet. Для безпроводних систем, які на відміну від проводових, забезпечують високу гнучкість побудови архітектури «розумного будинку» використовують різноманітні стандарти і протоколи цифрового зв'язку. Зокрема для розміщення різноманітних датчиків і виконавчих механізмів систем керування і автоматизації будинку використовують бездротові стандарти передачі даних ZigBee, LoraWan та ін., а для високошвидкісних пристроїв Wi-Fi (IEEE 802.11ax).

Для об'єднання всіх цих проводових і безпроводних стандартів передачі даних необхідно розробити такий мультимедіальний сервер, який би не лише об'єднував їх але й був гнучким в архітектурі і був інтегрованим [1] у структуру «розумного будинку» був захищеним від втручання і мав можливості виявляти загрози використовуючи відомі алгоритми [2], які можна адаптувати до нових задач.

Отже запропонований мультимедіальний сервер має об'єднувати у собі функціональні можливості «розумного будинку» з апаратним забезпеченням та його гнучким комутуванням, має бути відокремленим від загального Інтернету та мати можливість виявляти загрози при зміні активності у вхідному трафіку або появі спроб несанкціонованого доступу. Загалом такий сервер має об'єднувати мережеві і безпроводні протоколи на базі мікрокомп'ютера з користувацьким інтерфейсом.

#### Література:

1. Лещишин Ю. З. Розробка системи зв'язку як інтегрованого елемента роботизованих систем / Ю. З. Лещишин, Н.Р. Романишин, В. В. Наконечний, А.О. Паламарчук// Зб. тез доповідей XXI Всеукр. наук.-пр. конф. – Житомир, 2016. – С. 102.
2. Leschyshyn Y., Semchishyn O. Periodically correlated heart rate variability detection by Neyman - Pearson criterion / Y. Leschyshyn, O. Semchishyn. // 2007 9th International Conference - The Experience of Designing and Applications of CAD Systems in Microelectronics. – 2007. – P. 139–140.

УДК 004.031.42

Луцків А.М. канд. техн. наук, доцент, Волощук А.В., Мельник Ю.Р.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## ПРИНЦИПИ ОРГАНІЗАЦІЇ РОЗУМНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

Lutskiv A.M. PhD, Assoc. Prof., Voloshchuk A.V., Melnyk Yu.R.

### PRINCIPLES OF SMART ELECTRICITY GRIDS ORGANIZATION

Значне зростання рівня споживання електричної енергії спричинене рядом факторів. Найбільш вагомими серед них є збільшення чисельності населення та впровадження і використання нових типів обладнання. Це спричинило великі виклики як для енергетичної безпеки, так і для навколишнього середовища. Сьогодні існує потреба у тому, щоб споживачі могли відстежувати своє щоденне, місячне та щорічне використання енергоносіїв та розуміти стандарти споживання для кращої організації власного домогосподарства, досягнення фінансової та енергетичної ефективності.

З удосконаленням технології розумних мереж для кращого постачання електричної енергії, почали широко застосовувати розумний лічильник, що на відміну від типового класичного пристрою обліку енергії, володіє додатковими функціями. До таких функцій можуть належати управління розумним обладнанням, забезпечення двонаправленого зв'язку постачання і споживання електроенергії, що в свою чергу дозволяє інтегрувати користувацькі пристрої у розумну мережу з постачання та обліку споживання електрики.

Розумні лічильники є найбільш фундаментальними компонентами розумних електромереж. Крім того, лічильники, які використовуються з системою управління можуть бути застосовані для моніторингу та управління побутовою технікою та іншими пристроями відповідно до потреб користувачів. При цьому технічне рішення щодо організації та інтеграції «розумних лічильників» у єдину систему повинно забезпечувати ефективність та економічний ефект як для надавачів послуг, так і для кінцевих споживачів.

Ще однією важливою функцією «розумних» систем обліку електричної енергії є здатність моніторингу споживання енергоносіїв кінцевими користувачами, при цьому надаючи корисну інформацію щодо якості цієї енергії. Інформація, одержана з мережі розумних лічильників електричної енергії може використовуватися операторами для підвищення рівня енергопостачання, планування задіяних потужностей, управління попитом, а також контролю неінтрузивного навантаження.

Інтернет речей (IoT) стає надзвичайно популярним у сфері управління розумним розподілом та споживанням енергії при проектуванні різних сценаріїв функціонування розумних систем. Для кінцевих споживачів, як і для надавачів послуг, важливим є організація системи збору та прогнозування електронавантаження на мережі та відповідно споживання електричної енергії.

Розумна електрична мережа представляє собою не просто сукупність розумних лічильників, що використовується при виробництві і споживанні електроенергії. Для того, щоб запрацював весь комплекс, існують різні технології, які дозволяють інтегрувати, взаємодіяти та контролювати кожен окремих компонент мережі з визначеним рівнем якості постачання. Розумна електрична мережа надаватиме інформацію в режимі реального часу та майже миттєвий баланс попиту та пропозиції, а також двосторонній потік електроенергії і дані, що використовується для контролю всієї мережі.



УДК 004.89, 004.6

І.А. Ляпандра, В.В. Івахів, В.С. Білоус

Західноукраїнський національний університет, Україна

## МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ОБРОБКИ ВЕЛИКИХ ДАНИХ

I.A. Liapandra, V.V. Ivakhiv, V.S. Bilous

## METHODS AND TOOLS FOR BIG DATA PROCESSING

Експоненційний ріст цифрових даних, що генеруються з численних і різних джерел, робить неможливим зберігання, обробку та аналіз за допомогою традиційних методів. Ці обмеження призвели до еволюції технологій великих даних. Великі дані, які визначаються швидким зростанням обсягу, різноманітності та швидкості даних, як правило, мають справу з неструктурованими даними, які потребують великого пакетного аналізу або аналізу в реальному часі. Щоб отримати значущі результати з таких обсягів даних, необхідна величезна потужність з точки зору сховищ і обчислювальних ресурсів, а також потрібні методи паралельної обробки даних.

Глибоке навчання, підмножина машинного навчання, – це техніка, яка використовується для аналізу та обробки величезної кількості даних, щоб знайти абстрактні й корисні моделі. Якщо застосувати глибоке навчання до великих даних, то можна знайти невідомі й корисні закономірності, які неможливо знайти на основі традиційних методів [1, 2]. Традиційні підходи машинного навчання показують кращу продуктивність для меншої кількості вхідних даних. Оскільки обсяг даних перевищує певну кількість, продуктивність традиційних підходів машинного навчання стає стабільною, тобто досягає плато. Однак продуктивність підходів глибокого навчання зростає по відношенню до збільшення кількості даних. Тому використання глибокого навчання є перспективним щодо великих даних [3-5].

Великі дані потребують нових і складних алгоритмів, заснованих на технологіях машинного навчання та глибокого навчання, щоб обробляти дані в режимі реального часу з високою точністю та ефективністю [6]. Методи глибокого навчання надали потужні інструменти для роботи з великими обсягами даних, оскільки вони витягують з них функції вищого рівня для отримання ієрархічних представлень.

Глибоке навчання отримало застосування у різних областях, зокрема розпізнавання мовлення, акустичного моделювання для класифікації звуку, обробки зображень, таких як рукописна класифікація, класифікація сцен дистанційного зондування високої роздільної здатності, обробка природної мови, комп'ютерний зір, розпізнавання образів тощо [7].

Зі збільшенням великої кількості даних, що генеруються з різних джерел, існуючі технології обробки даних не придатні для цього. Фреймворки великих даних допомагають зберігати, аналізувати та обробляти такі величезні обсяги даних [6].

Аналіз методів та засобів обробки великих даних показав відсутність програмного середовища для інтеграції систем обробки великих даних та моделей глибокого навчання. Використовуючи таке середовище, користувачі зможуть трансформувати дані, що надходять з різних потоків великих даних, у формат, необхідний для навчання моделей глибокого навчання. Таке середовище забезпечить структуру, яка інтегрує різні потоки великих даних та моделі глибокого навчання, а також дозволить користувачам виконувати різні маніпуляції з потоками даних. Користувачі зможуть швидко побудувати та виконати різні експерименти з підмножиною набору даних, щоб отримати з нього значущі результати.

Інтегроване середовище повинно надавати користувачеві можливість вибору даних (пакетних даних / даних у реальному часі) з різних архітектур великих даних, попередньої обробки даних для перетворення даних у необхідний формат, а потім навчання моделей глибокого навчання з використанням попередньо оброблених даних.

Інтегроване середовище повинно складатися з наступних компонентів:

1) інтерфейс користувача: надаватиме користувальницький інтерфейс, який буде дозволяти користувачам вибирати та виконувати різні операції.

2) контролер: оброблятиме різні компоненти архітектури.  
3) блок вибору даних: дозволить вибирати різні великі потоки даних.  
4) блок попередньої обробки даних: виконуватиме різні операції попередньої обробки даних.

5) Блок навчання даних: виконуватиме навчання моделей глибокого навчання.

Інтегроване середовище повинно забезпечувати виконання наступних функцій:

1) підтримка пакетних даних від Apache Hadoop та потоків даних у режимі реального часу від Apache Spark та Apache Storm;

2) підтримка навчання моделей глибоких нейронних мереж на основі еволюційного підходу на системах з одним або декількома графічними процесорами на рівні розпаралелення даних та на рівні розпаралелення моделі;

3) підтримка одночасного проведення декількох експериментів одночасно, щоб забезпечити більш швидке дослідження проблемної області;

4) підтримка обробки декількох типів даних, присутніх у наборі даних;

5) надання можливості автоматично виконувати всі кроки користувача у фоновому режимі на більшому наборі даних без будь-якого втручання користувача;

6) надання можливості записування всіх виконаних кроків, а згодом дозволяє користувачеві запускати їх на всьому наборі даних;

7) надання можливості виконання операцій попередньої обробки даних, оцінити якість вхідних даних.

#### **Література:**

1. M. Gheisari, G. Wang, M. Z. A. Bhuiyan. A survey on deep learning in big data. 2017. Vol. 2. Pp. 173–180.

2. Wang C., Shakhovska N., Sachenko A., Komar M. A New Approach for Missing Data Imputation in Big Data Interface. Information Technology and Control. 2020. Vol. 49. No 4. Pp. 541-555.

3. Комар М.П. Інформаційна технологія інтелектуальної обробки та аналізу великих даних. Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2020. – № 5. С. 125–130.

4. Комар М.П. Хорунжий О.В., Лічак В.М., Бучинський Р.З. Аналіз та обробка великих даних на основі глибоких нейронних мереж. Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доп. міжнар. наук.-техн. конф., Тернопіль, 28-29 листопада, 2018. Т.2. С. 86.

5. Комар М.П. Перевізник Р.М., Неспляк Д.Б. та ін. Проектування прикладних систем обробки та аналізу великих даних на основі глибоких нейронних мереж. Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доп. міжнар. наук.-техн. конф., Тернопіль, 25-26 листопада, 2020. Т.2. С. 30-31.

6. W. Inoubli, S. Aridhi, H. Mezni, M. Maddouri, E.M. Nguifo. An Experimental Survey on Big Data Frameworks. Future Generation Computer Systems. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://arxiv.org/pdf/1610.09962.pdf>.

7. Weibo Liu, Zidong Wang, Xiaohui Liu, Nianyin Zeng, Yurong Liu, and Fuad E. Alsaadi. A survey of deep neural network architectures and their applications. Neurocomputing. 2017. Vol. 234. Pp.11-26.

УДК 004.056.57

Є. В. Масталярчук

Західноукраїнський національний університет, Україна

## СИСТЕМИ РОЗВІДКИ КІБЕРЗАГРОЗ У СЬОГОДЕННІ

Evheniy Mastaliarchuk

### CYBER THREAT INTELLIGENCE SYSTEMS TODAY

#### Аналіз кіберзагроз

При аналізі досвіду кіберзагроз розуміємо, що багато залежить від тріади акторів, намірів і можливостей, з урахуванням їх тактики, техніки та процедур (ТТР), мотивації та доступу до намічених цілей. Вивчаючи цю тріаду, часто можна розробити напрямки інформування, стратегічні цілі, оперативну та тактичну оцінки.

— Стратегічний блок оцінює різномірні фрагменти інформації для формування інтегрованих уявлень. Він інформує тих, хто приймає рішення та політику, щодо широких чи довгострокових питань та/або забезпечує своєчасне попередження про загрози. Аналіз стратегії кіберзагроз формує загальне уявлення про наміри та можливості шкідливих кіберзагроз, включаючи учасників, інструменти та ТТР, шляхом визначення тенденцій, закономірностей та нових загроз та ризиків, щоб інформувати тих, хто приймає рішення та встановити інформаційний маркер для своєчасного попередження.

— Оперативна розвідка оцінює конкретні потенційні інциденти, пов'язані з подіями, розслідуваннями та/або діяльністю, і надає інформацію, яка може керувати та підтримувати операції реагування. Оперативна або технічна розвідка про кіберзагрози надає високоспеціалізовані, технічно зосереджені розвідувальні дані для керівництва та підтримки реагування на конкретні інциденти; такі розвідувальні дані часто пов'язані з кампаніями, шкідливим програмним забезпеченням та/або інструментами і можуть надходити у формі експертних звітів.

— Тактична розвідка оцінює події, розслідування та/або дії в реальному часі та надає щоденну оперативну підтримку. Тактична розвідка кіберзагроз забезпечує підтримку повсякденних операцій і подій, таких як розробка підписів та індикаторів компромісу (ІОС). Це часто передбачає обмежене застосування традиційних методів аналізу.

Вищевикладений матеріал можна представити у вигляді піраміди рівнів.



Рисунок 1. Піраміда рівнів аналізу кіберзагроз

Розвідка про кіберзагрози виявилася корисною для державних, місцевих, і територіальних структур (SLTT) на всіх рівнях, від вищих керівників до тих, хто працює на місцях.

#### Найпопулярніші платформи розвідки

Основні функції найкращої платформи розвідки загроз включають консолідацію каналів розвідки загроз із кількох джерел, автоматичну ідентифікацію та стримування нових

атак, аналітику безпеки та інтеграцію з іншими інструментами безпеки, такими як SIEM, брандмауери нового покоління (NGFW) та EDR.

IBM X-Force Exchange — це хмарна платформа для спільного аналізу загроз, яка допомагає аналітикам безпеки досліджувати показники загроз, щоб прискорити час реакції. Ця ТІР поєднує створені людиною розвідувальні дані з глобальною мережею безпеки, пропонуючи унікальний погляд на потенційні загрози. Інструментальну панель X-Force Exchange можна налаштувати, що дозволяє користувачам розставляти пріоритети відповідних розвідувальних даних відповідно до своїх потреб, таких як поради та вразливості.

Anomali ThreatStream об'єднує мільйони індикаторів загроз, щоб виявляти нові атаки, виявляти наявні порушення та давати можливість командам безпеки швидко розуміти та стримувати загрози. Ключовою відмінністю Anomali є його високоточний алгоритм машинного навчання, який призначає оцінки індикаторам компромісу (IOC), щоб команди безпеки могли визначити пріоритети завдань з пом'якшення. ThreatStream також дозволяє інтегруватися з багатьма популярними SIEM та платформами керування.

Palo Alto Networks AutoFocus виконує аналітику загроз з повним контекстом доступною для організацій будь-якого розміру. Ця розміщена служба надає командам з безпеки аналітичних даних, кореляції, контексту та автоматизованих робочих процесів запобігання, які їм необхідні для виявлення та реагування на події в режимі реального часу. AutoFocus також включає доступ до сховища оперативної розвідки Unit 42, внутрішньої групи дослідження загроз Palo Alto Networks.

### **Кібернапади на світовій арені**

Набагато більше держав сьогодні вважають кіберзасоби і сили легітимним і необхідним елементом свого стратегічного набору інструментів поряд з дипломатією, економічною силою і військовою потужністю. Це викликає занепокоєння, чи не станемо ми у найближчому майбутньому свідками повномасштабної війни в кіберпросторі між державами. На додаток ми бачимо, що недержавні дійові особи час від часу виявляють зацікавленість у застосуванні кіберзасобів – хоча наразі є небагато свідчень їх фактичного застосування.

З кожним роком фіксується збільшення кількості кібератак та кіберзагроз в цілому.

Проте науковці, такі як Томас Рід, вважають, що кібервійна не відбудеться. Сучасний досвід фактичного застосування державами кіберзасобів вказує на те, що для таких засобів більш характерні шпигунство або саботаж, що робить більш вірогідним їх застосування нижче порогу, який визначає збройний напад. Попри певну логічність цього аргументу, стає дедалі більш зрозуміло, що деякі держави розглядають кіберзасоби невіддільною частиною своїх оперативних військових сил і засобів і не боятися застосовувати їх в такій якості, навіть якщо вони не схильні до публічного визнання цього.

### **Література:**

1. <https://www.cisecurity.org/blog/what-is-cyber-threat-intelligence/>
2. <https://www.esecurityplanet.com/products/threat-intelligence-platforms/>
3. <https://www.nato.int/docu/review/uk/articles/2016/06/08/zmna-pdhodv-dokberzahistu/index.html>

УДК 681.518.3

М.В. Оконський, С.А. Лупенко, докт. техн. наук, проф., А.М. Паламар, канд. техн. наук  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА ДЛЯ МОНІТОРИНГУ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НА ОСНОВІ ІОТ

M.V. Okonskyi, S.A. Lupenko, Dr., Prof., A.M. Palamar, Ph.D

### COMPUTER SYSTEM FOR MONITORING METEOROLOGICAL PARAMETERS BASED ON IOT

В сучасному світі все більшу роль відіграє гідрометеорологічна інформація, попередження та прогнози. Стихійні лиха, які спричинені погодними факторами, щорічно призводять до колосальних економічних збитків та матеріальних втрат. В Україні несприятливі гідрометеорологічні явища та різкі зміни погодних умов (шквали, зливи, засухи, снігопади, повені тощо) завдають великої шкоди населенню, сільськогосподарським виробникам та промисловим підприємствам [1]. Одна з найбільших проблем, які виникають в процесі отримання точних і своєчасних метеопрогнозів, спричинена недостатньою кількістю фактичних метеорологічних даних. Це пов'язано з низькою густиною покриття метеостанціями території України, а також недостатньою частотою оновлення інформації, яка генерується діючими метеостанціями. Саме тому, впровадження сучасних методів та засобів, які дозволять підвищити якість та швидкість отримання інформації про метеорологічні параметри навколишнього середовища є актуальною задачею.

Метою даної роботи є розробка комп'ютерної системи для дистанційного діагностування, моніторингу та контролю метеорологічних параметрів навколишнього середовища у режимі реального часу.

Для досягнення поставленої мети було використано концепцію Інтернету речей, яка дозволяє отримувати, обробляти та передавати результати вимірювань від великої кількості сенсорів, розміщених на широкій території [2]. Головним принципом побудови запропонованої системи моніторингу метеорологічних параметрів є обробка даних в реальному масштабі часу, що передбачає опрацювання даних одразу після їх отримання.

Для реалізації завдання було обрано платформу ESP8266, яка має вбудований WiFi модуль для доступу до інтернету. Програма для мікроконтролера написана на мові C++ із застосуванням середовища Arduino IDE. В процесі роботи були використані додаткові бібліотеки, зокрема ArduinoJson – JSON бібліотека для інтернету речей та NTPClient – бібліотека для роботи з NTP сервером.

В результаті досліджень було спроектовано прототип комп'ютерної системи для моніторингу метеорологічних параметрів, який, завдяки передачі та обробці даних в режимі реального часу, дасть змогу підвищити якість прогнозування погодних умов.

#### Література:

1. Манукало В.О., Кульбіда М.І., Іванов Б.О. Удосконалення гідрометеорологічного обслуговування користувачів на основі застосування сучасних інформаційних технологій. Український гідрометеорологічний журнал. № 23. 2019. С. 14-24.
2. Мокін В.Б., Собко Б.Ю., Дратований М.В., Крижановський Є.М., Горячев Г.В. Створення інформаційної системи моніторингу забруднення атмосферного повітря міста на основі технології Інтернет речей. Вісник Вінницького політехнічного інституту. № 3. 2017. С. 49-58.

УДК 621.3

А.Я. Осадца, Є.В. Тиш, к.т.н., доц.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## МЕТОДИ ТА КОМП'ЮТЕРИЗОВАНІ ЗАСОБИ РОЗРОБКИ БЛОКУ КЕРУВАННЯ ТА ІНДИКАЦІЇ ДВОДЗЕРКАЛЬНОЇ АНТЕНИ

A.Y. Osadtsa, Ie.V. Tysh, Ph. D. Assoc. Prof.

### METHODS AND COMPUTER TOOLS FOR A TWO-MIRROR ANTENNA'S CONTROL UNIT AND INDICATION DEVELOPMENT

Останнім часом в світі все більшої актуальності набувають системи моніторингу Землі з космічного простору, чи дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), що використовують низькоорбітальні космічні апарати (КА). На це вказує збільшення фінансових інвестицій в цю сферу і розробка багатьох комерційних програм провідними країнами світу.

Одним з ключових рушіїв прогресу людства є інформація. ДЗЗ з космічного простору, використовуючи низькоорбітальні космічні апарати, є одною з галузей в сфері інформаційних технологій, які активно розвиваються. ДЗЗ використовується для отримання даних про різноманітні об'єкти, явища та процеси на земній поверхні, атмосфері і в земних глибинах. Цей процес відбувається за допомогою реєстрації електромагнітного випромінювання, яке ці об'єкти випромінюють чи випромінювання відбивається від них в різноманітних спектральних діапазонах. Технологія ДЗЗ має великий потенціал для розвитку економіки країн, що її використовують, та інформаційні ресурси. Для активного введення технологій ДЗЗ потрібно розробити мережу технічних засобів прийому та обробки даних ДЗЗ, основним засобом для цього є антенні станції, що приймають та обробляють дані з космічних апаратів.

Блок індикації та керування призначений для, відображення позиції давачів кутового положення азимутальної і кутомісної осей, відображення стану програмних та фізичних давачів кінцевого положення кожної з осей керування, відображення стану давачів швидкості руху антени по осях обертання, ручного керування опорно-поворотним пристроєм антенної системи, яка використовується для наведення та автосупроводу антеною космічних апаратів, які розміщені на геостаціонарній орбіті.

Керування антенною системою здійснюється за допомогою органів ручного керування чи тачскріну, що розташовані на лицевій стороні блоку керування та індикації з використанням графічної індикації для контролю стану і кутового положення антенної системи.

Існуючі блоки індикації та керування систем керування антен зазвичай використовують старіші та повільніші мікропроцесори, малі, чорно-білі дисплеї, неоптимізовані алгоритми роботи, що значною мірою впливає на швидкість їх роботи та зручність використання. У зв'язку з цим функціонал також є недостатнім, інтерфейс користувача складним і повільним, на дисплеї відображається невелика кількість інформації.

Отже, завдяки розвитку інформаційних технологій та інформаційного забезпечення виникає необхідність покращення систем які вже існують. Необхідною та актуальною задачею є розробка блоку керування та індикації, який виконує функції які вже використовувалися в попередніх версіях, а також має нові функції такі як, більша кількість даних що відображаються одночасно, відображення помилок, часу, можливість зміни положення програмних кінцевиків, а також розробки зручнішого та ширшого інтерфейсу користувача та ефективнішого алгоритму передачі та прийому даних.

УДК 004.4

Пастух О.А. докт. техн. наук, професор, Василюшин В.І., Демида Х.М.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## АНАЛІЗ РІВНІВ ЗРІЛОСТІ ВИМОГ ПРИ РОЗРОБЦІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Pastukh O.A. Dr., Prof., Vasylyshyn V.I., Demyda Kh. M.

### ANALYSIS OF REQUIREMENTS MATURITY IN THE PROCESS OF SOFTWARE DEVELOPMENT

Вимоги відіграють ключову роль при проектуванні програмного забезпечення, особливо на ранніх стадіях проекту. Незалежно від моделі життєвого циклу чи стеку технологій імплементації програмних систем, вимоги є фундаментом для подальшого перетворення і трансформації програмних систем на наступних етапах аж до одержання готового програмного продукту. Тому важливим, з точки зору реалізації якісного програмного забезпечення, який відповідає не тільки функціональним очікуванням замовника, а й вимогам до продуктивності, зручності використання, надійності є застосування процедур управління вимогами та їх зрілістю.

Для управління зрілістю вимог до програмного забезпечення можна використати модель Дж. Хеймана – Requirements Management Maturity Model. Даною моделлю передбачено шість рівнів зрілості вимог:

1. Нульовий рівень – будь-яка команда може відповідати цьому рівню, оскільки вимоги в даному випадку відсутні.
2. Перший рівень – передбачає хоча б якусь організацію та фіксацію вимог у довільному вигляді.
3. Другий рівень – окрім документування вимог, використовуються різні методи уточнення та організації версій вимог до ПЗ.
4. Третій рівень – передбачає структурування вимог за певними ознаками схожості та створення плану управління вимогами.
5. Четвертий рівень – визначає схеми моніторингу вимог на стадіях життєвого циклу або на ітераціях при реалізації програмного забезпечення.
6. П'ятий рівень – забезпечує наявність процедур відповідності критерію повноти вимог, їх трасування, моніторингу та внесення змін.

Імплементація моделі управління зрілістю вимог в інженерію програмного забезпечення відіграє важливу роль у забезпеченні його якості та відповідності продукту очікуванням замовника або стейкхолдера. При переході з рівня на рівень значно зростає успішність проекту, знижуються ризики щодо його провалу.

Починаючи з третього рівня зрілості вимог до програмного необхідно передбачити стандартизацію і в подальшому забезпечити трасування і комунікацію вимог. Для цього пропонується скористатися рекомендаціями стандарту ISO/IEC 25010, що визначає відповідно модель якості у використанні, модель зовнішньої та внутрішньої якості.

Таким чином, обґрунтовано модель зрілості керування вимогами до програмного забезпечення, що дає змогу ефективно впроваджувати процес керування вимогами та забезпечувати їх якість при низькому порозі входу для команди розробників та організації в цілому.

УДК 004.4

Пастух О.А. докт. техн. наук, професор, Демида Х.М., Василюшин В.І.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

### ХАРАКТЕРИСТИКИ ЯКОСТІ ДАНИХ ПРИ ФУНКЦІОНУВАННІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З БАЗАМИ ДАНИХ І ЗНАНЬ

Pastukh O.A. Dr., Prof., Demyda Kh. M., Vasylyshyn V.I.

### CHARACTERISTICS OF DATA QUALITY IN THE SOFTWARE WITH DATABASES AND KNOWLEDGE BASES

Міжнародні стандарти, що формують серію стандартів ISO/IEC 2501n, надають деталізовані моделі якості для програмних продуктів і даних.

У загальному випадку, згідно стандарту ISO/IEC 25012, якість даних означають як ступінь, в якій властивості даних задовольняють потреби кінцевих користувачів або стороннього програмного забезпечення при використанні у визначених умовах експлуатації. Модель якості даних, що визначена у цьому стандарті, окреслює п'ятнадцять характеристик якості даних, що розглядаються з невід'ємної і залежної від системи точки зору. У табл. 1 наведено основні характеристики якості даних моделі ISO/IEC 25012.

Таблиця 1

Характеристики моделі якості даних

Характеристики	Якість даних	
	Невід'ємна	Залежна від системи
Чіткість	+	
Повнота	+	
Послідовність	+	
Надійність	+	
Актуальність	+	
Доступність	+	+
Узгодженість	+	+
Конфіденційність	+	+
Ефективність	+	+
Точність	+	+
Відстежуваність	+	+
Зрозумілість	+	+
Готовність		+
Портативність		+
Відновлюваність		+

Характеристики якості даних будуть мати різну важливість і пріоритет для різних зацікавлених сторін. Їх класифікують за ознаками з точки зору невід'ємності, невід'ємної і залежної від системи точки зору, системозалежної точки зору. Застосування моделі якості даних є ефективним при побудові програмних систем, орієнтованих на використання баз даних і знань, оскільки дозволяє підвищити точність і повноту одержання результатів при формуванні запитів користувачів або іншого суміжного програмного забезпечення, а також чітко відображати сутності предметної області.



УДК 004.75

Т.В. Попко, Л.П. Яцишин, І.Р. Козбур, к.т.н., доц. В.Р. Медвідь

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ ОПТИМАЛЬНИХ РІШЕНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДІВ АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ

T. Popko, L. Yatsyshyn, I. Kozbur, Ph.D., Assoc. Prof., V. Medvid

### RESEARCH OF THE AUTOMATED SYSTEM OF SUPPORT OF OPTIMAL DECISION MAKING USING METHODS OF ANALYSIS OF HIERARCHIES

Процес автоматизації різних видів діяльності прийшов практично на кожне сучасне підприємство, обчислювальні системи й комп'ютерні мережі дозволяють накопичувати великі масиви даних. Великий обсяг інформації, з одного боку, дозволяє виконувати більш точні розрахунки й робити докладний аналіз, з іншої – перетворює пошук необхідних рішень у складну задачу.

У результаті необхідності спростити задачу пошуку рішення з'явився цілий клас програмних систем, котрі полегшують роботу з аналізу даних. Такі системи називають системами підтримки прийняття рішень – СППР (DSS, Decision Support Systems).

Основна ж задача СППР – надавати аналітикам інструмент для виконання аналізу даних. Система не генерує правильні рішення, а тільки надає аналітикові дані у відповідному виді для вивчення й аналізу, саме тому такі системи забезпечують виконання функції підтримки прийняття рішень. По ступеню інтелектуальності обробки даних при аналізі виділяють три класи задач аналізу:

1. Інформаційно-пошуковий.

Система здійснюється пошук необхідних даних відповідно до заздалегідь певних запитів. Цей клас задач вирішується побудовою систем інформаційно-пошукового аналізу на базі реляційних СУБД і статичних запитів з використанням мови SQL.

2. Оперативно-аналітичний.

Система робить групування й узагальнення даних у будь-якому вигляді, необхідному аналітикові. Причому, у цьому випадку, заздалегідь неможливо спрогнозувати запити котрі необхідні аналітикові. Цей клас задач вирішується побудовою систем оперативного аналізу з використанням технології оперативної аналітичної обробки даних OLAP, що використовує концепцію багатомірного аналізу даних.

3. Інтелектуальний.

Система здійснює пошук функціональних і логічних закономірностей у накопичених даних, будує моделі і правила, які пояснюють знайдені закономірності та з певною ймовірністю прогнозує розвиток деяких процесів. Цей клас задач вирішується побудовою систем інтелектуального аналізу, що реалізує методи й алгоритми Data Mining.

Процеси прийняття рішень для різноманітних сфер діяльності мають багато спільних ознак. Тому виникає необхідність розробляти і використовувати універсальні методи підтримки прийняття рішень, котрі є адекватними до природи людського мислення.

У багатьох випадках економічні, управлінські, політичні, медичні, соціальні, проблеми мають декілька варіантів вирішення. Тому при обранні одного з варіантів рішення із множини можливих, працівник, який приймає рішення, керується виключно професійною інтуїцією. Тому ухвалення рішень приймає характер невизначеності та, відповідно, впливає на якість прийнятих рішень. Процеси підготовки ухвалення рішень на всіх етапах відображаються кількісними виразами категорій оцінювання таких як важливість, вартість, перевага, бажаність і т.д.

У цей час існує багато інформаційних технологій, які дозволяють максимально покращити систему управління та допомогти у вирішенні проблем, пов'язаних із процесами прийняття рішень у різних предметних областях. Зокрема, дуже поширені зараз системи підтримки прийняття рішень на основі методу аналізу ієрархій, розробленого американським

ученим Т. Сааті.

Метод аналізу ієрархій – це основа методики для вирішення задач вибору альтернатив за допомогою їх багатокритеріального рейтингового оцінювання. Основна галузь застосування методу – підтримка прийняття рішень через ієрархічну композицію задач та відповідного рейтингового оцінювання альтернативних рішень.

Метод аналізу ієрархій має наступні можливості.

1) Метод проводить аналіз проблеми. Відповідно проблема ухвалення рішення формалізується до вигляду ієрархічного упорядкування наступних факторів:

- головної мети, критерію рейтингового оцінювання можливих рішень,
- груп та рівнів типових чинників, які впливають на рейтинг,
- груп можливих рішень,
- систем зв'язків взаємного впливу факторів і рішень.

2) Метод проводить збирання даних по проблемі. У відповідності до результатів ієрархічної декомпозиції модель ухвалення рішення приводиться у вигляді кластерної структури. Набори можливих рішень та фактори впливу на пріоритети рішень розбиваються на групи – кластери. Процедура парних порівнянь визначає пріоритети об'єктів для кожного кластеру з використанням методів власних векторів. Відповідно, загальна процедура збору даних є розбитою на ряд простих складових для кожного окремого кластера.

3) Метод оцінює невідповідність та суперечливість даних та мінімізує їх. Для цього в методі аналізу ієрархій існує процедура узгодження, яка визначає найбільш неузгоджені та суперечливі дані, які виявляють найпроблемніші ділянки з метою організації їх вибіркового та більш ретельного аналізу.

4) Метод синтезує проблему ухвалення рішення. Після проведеного аналізу проблеми та збору даних по усіх кластерах, за спеціальним алгоритмом розраховується фінальний підсумковий рейтинг з набору пріоритетів альтернативних рішень. Властивості рейтингу забезпечують підтримку прийняття рішень, приймається рішення з найбільшим пріоритетом. Метод будує рейтинги для груп факторів, що оцінює вагомість кожного фактору.

5) Метод організовує обговорення проблем, забезпечує досягненню консенсусу. Думки під час обговорення проблем ухвалення рішення можуть розглядатися як можливі рішення. Метод аналізу ієрархії застосовують для визначення важливості врахування думки кожного учасника обговорення.

6) Метод оцінює вагомість врахування кожного рішення та факторів, які впливають на пріоритет рішень. У відповідності до сформульованої задачі прийняття рішення величина пріоритету пов'язана з оптимальністю рішення. Рішення з низькими пріоритетами ігноруються. Метод оцінює рейтинг пріоритетів факторів, тому якщо при виключенні певного фактору пріоритети рішень варіюються в незначному діапазоні, такий фактор вважають несуттєвим для розглянутої задачі.

7) Метод оцінює стійкість прийнятого рішення.

Прийняті рішення вважають обґрунтованими та стійкими лише для умови, коли неточність даних, неточність структури ситуаційної моделі ухвалення рішення неістотно впливає на рейтинг альтернативних рішень.

**УДК 004.9**

**Р. Ремез, Ю. Околіта, Р. Трембач** канд. техн. наук, доц.

Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя

**ВИКОРИСТАННЯ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ ТОРГІВЕЛЬНОГО ЦЕНТРУ**

**R. Remez, J. Ocolita, R. Trembach (Ph.D., Assoc. Prof)**

**USE OF SIMULATION MODELING TO IMPROVE THE WORK OF THE SHOPPING CENTER**

Для того, щоб дати рекомендації по раціональній організації торгівельної системи, вивчити її пропускну здатність і пред'явити до неї вимоги, потрібно визначити випадковий процес, що протікає в системі, й описати його математично. Цим і займається теорія масового обслуговування [1]. Теорія масового обслуговування включає наступні елементи: джерело вимог, вхідний потік вимог, черга, обслуговуючий пристрій (канал обслуговування), вихідний потік вимог.

В якості моделювання роботи системи розглянуто імітаційне дискретне моделювання, а також проведений експериментальний дослід такого моделювання на прикладі магазину самообслуговування.

Для імітаційного моделювання проаналізовано спеціально призначений програмний продукт AnyLogic - професійний інструмент імітаційного моделювання, який істотно спрощує розробку моделей і їх аналіз[2].

Програма визначення характеристик функціонування торгового центру працює з наступними вхідними параметрами для обрахунку:

- кількість заявок в одиницю часу;
- час обслуговування однієї заявки;
- час очікування заявки на обслуговування;
- кількість каналів обслуговування.

Програмне забезпечення для оптимізації роботи торгового центру буде організована наступним чином:

а) знаходження довжини черги в залежності від кількості каналів обслуговування  $find\_L$ ;

б) обчислення факторіалу  $fact$ .

Запустивши програму на виконання, отримаємо наступні результати, що представлені на рисунку 1. Отже, при вхідних параметрах: 360 (заявок/годину), 2 (хвилини на обслуговування заявки), 4 (хвилини на очікування заявки в черзі) та 6 (каналах обслуговування) отримали наступні показники. Крива 1 відповідає одній хвилині обслуговування, крива 2 – двом хвилинам, крива 3 – трьом хвилинам. Бачимо, що мінімальна довжина черги 11,5 заявок (крива 1), а максимальна – більше 16-ти (крива 3). Аналіз отриманих результатів говорить про недостатню кількість каналів обслуговування.

Оптимізація полягає в порівнянні отриманих результатів та в прийнятті рішення щодо зменшення довжини черги та часу перебування заявки в системі. Звичайно, що можна мінімізувати довжину черги, збільшивши кількість каналів, припустимо, вдвічі. Проте при цьому зростають витрати на закупівлю та утримання даних каналів обслуговування.

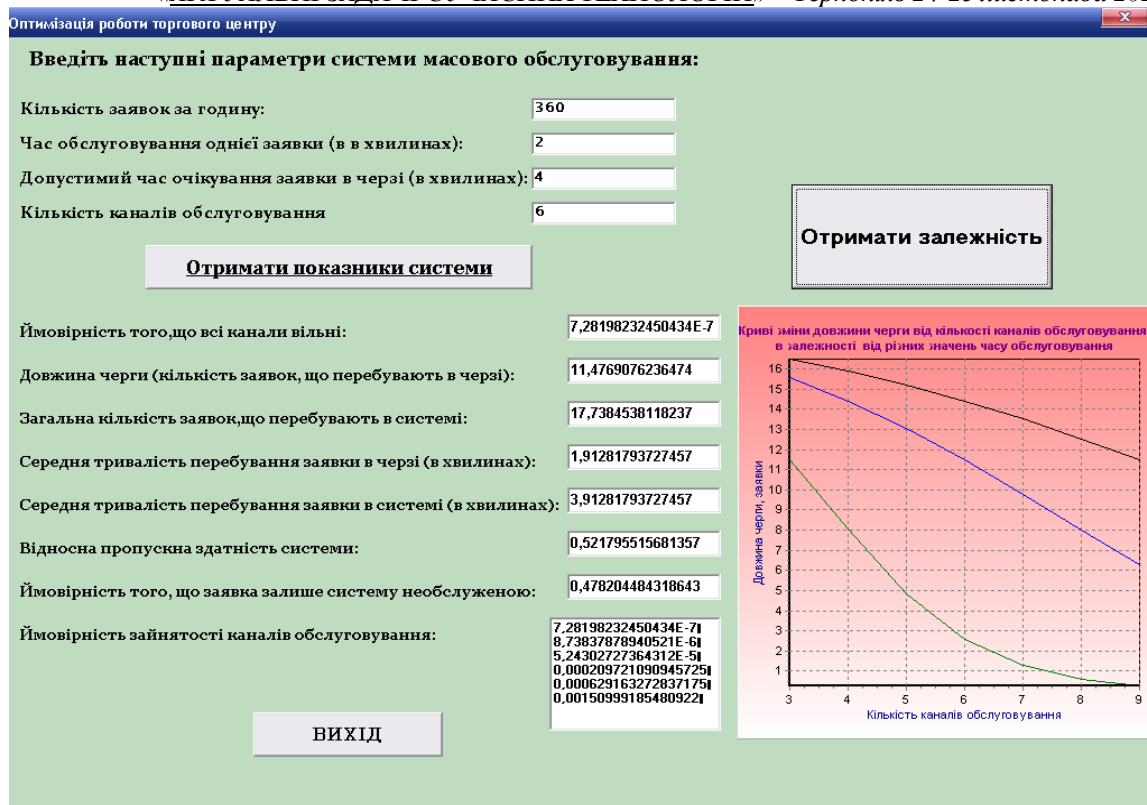


Рисунок 1 – Результати розробки при кількості каналів обслуговування, що дорівнює шести

Проведемо оптимізацію, розглянувши модель з точки зору вартісних характеристик, яка прагне зрівноважити два “конфліктуючі” вартісні показники: витрати на утримання каналу (при певних характеристиках вхідного потоку вимог і часу обслуговування кожної заявки) та витрати, обумовлені затримками в наданні послуг, що призводить до створення нескінченних черг. Ці два види витрат конфліктують між собою, оскільки збільшення одне з них автоматично веде до зменшення іншого і навпаки.

В моделі з вартісними характеристиками мінімізується сума витрат, пов'язаних з наданням послуг, і втрат, обумовлених затримками в їх наданні.

В результаті досліджень і обчислень можна зробити висновок про те, що втрати ряду покупців в торговому процесі можуть бути значно понижені із застосуванням теорії масового обслуговування. Більш того, це дозволяє понизити необґрунтований простій каналів обслуговування. Вивчення черг в системах масового обслуговування дозволило визначити критерії функціонування обслуговуючої системи, серед яких найбільш значущими є середня довжина черги та середній час очікування в ній.

### Література:

1. Теория массового обслуживания / Л.Клейнрок – М.: Книга по Требованию, 2013. – 429 с.
2. Нейлор Т. Машинные имитационные эксперименты с моделями экономических систем. / Т. Нейлор — М.: Мир, 1978.

УДК 681.518.5:004.77

Д.В. Романов, Г.М. Осухівська, канд. техн. наук, доц., А.М. Паламар, канд. техн. наук

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ЗОВНІШНІМ ОСВІТЛЕННЯМ НА ОСНОВІ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

D.V. Romanov, H.M. Osukhivska, Ph.D., Assoc. Prof., A.M. Palamar, Ph.D.

### OUTDOOR LIGHTING CONTROL SYSTEM BASED ON INTERNET OF THINGS

У час глобальної енергетичної кризи актуальність питання енергоощадного використання освітлювальних приладів набуває пріоритетного значення. Для вирішення цієї проблеми очевидною є потреба у вдосконаленні методів та засобів керування джерелами світла для мінімізації енергетичних та матеріальних витрат. В більшості існуючих систем керування зовнішнім освітленням впроваджені дешевий і простий, проте не дуже ефективний метод автоматичного управління [1]. В його основі лежить принцип увімкнення джерел штучного світла при досягненні мінімального значення природного освітлення і їх вимкнення при перевищенні цього рівня. Існуючі підходи до побудови систем керування зовнішнім освітленням вже не задовольняють сучасних потреб, тому впровадження нових ефективних засобів для управління зовнішнім освітленням є актуальною задачею.

В роботі пропонується застосувати концепцію Інтернету речей для системи управління зовнішнім освітленням. Це дасть змогу підвищити ефективність керування освітлювальними приладами в межах міста завдяки використанню інформації від великої кількості датчиків та забезпечити інтелектуальне регулювання інтенсивності освітлення.

Інтелектуальність пропонованої системи досягається за рахунок впровадження таких компонентів: визначення наявності пішоходів і транспортних засобів на відповідній території, регулювання інтенсивності світлового потоку в залежності від погодних умов, часу доби тощо.

Для реалізації такої системи необхідно забезпечити передачу даних на великі відстані в межах міської інфраструктури. Для цього обрано енергоефективну технологію LoRa, за допомогою якої можна дистанційно отримувати інформацію від сенсорів та передавати керуючі команди в процесі управління зовнішніми освітлювальними приладами. Особливістю стандарту LoRa є можливість передачі невеликих пакетів інформаційних даних з невисоким рівнем енергоспоживання. Дальність зв'язку може досягати десяти кілометрів, а тривалість автономної роботи від батареї може бути не меншою за декілька років [2].

Впровадження запропонованої автоматизованої системи управління зовнішнім освітленням на основі концепції IoT дозволить забезпечити суттєву економію електроенергії та підвищити надійність роботи освітлювальних приладів.

#### Література:

1. Синеглазов В.М., Тупіцин М.Ф., Прокопчук М.А. Автоматична система керування інтенсивністю освітлення в навчальних та виробничих приміщеннях. Електроніка та системи управління. № 1 (23). 2010. С. 39-45.

2. Жураковський Б.Ю., Зенів І.О. Технології інтернету речей. Навчальний посібник: навч. посіб. Для студ. спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології», спеціалізація «Інформаційне забезпечення робототехнічних систем». Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. 2021. 271 с.

УДК 004.928

**В. І. Саламандра, В. А. Готович, канд. техн. наук**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ ДЛЯ СПРОЩЕННЯ АНІМАЦІЇ ПЕРСОНАЖІВ**

**V. I. Salamandra, V. A. Hotovych, Ph.D.**

### **USE OF COMPUTER VISION TECHNOLOGY TO SIMPLIFY CHARACTER ANIMATION**

На сьогоднішній день актуальними є дослідження, спрямовані на вдосконалення технології комп'ютерної анімації. Зокрема, застосування в даній сфері знайшли засоби та методи комп'ютерного зору як основа безмаркерного підходу до захоплення руху. Даний підхід не вимагає спеціальних давачів чи костюма, достатньо лише декількох камер. Використовуються спеціальні комп'ютерні алгоритми моніторингу та аналізу декількох потоків оптичного вводу. Завдяки цьому є можливим розпізнавання і відстеження руху людей у звичайному одязі, без спеціальних пристосувань на тілі людини. Як результат – захоплення рухів (боротьба, падіння, стрибки тощо) відбувається без ризику пошкодження апаратних модулів системи [1].

Проводиться також дослідження по розробці алгоритмів на основі нейромереж, що дозволяють оцінити положення тіла по отриманому зображенні. Але, як правило, лише двовимірне зображення не достатньо. Необхідно використовувати додаткові камери для оцінки положення об'єкта під різними кутами спостереження.

Виділяють два типи безмаркерних систем за типом використовуваного сенсора: кольорова камера і сенсор-далекомір.

У безмаркерних системах на основі кольорової камери захоплення руху відбувається за допомогою звичайної оптичної камери і персонального комп'ютера. Відповідно, процес захоплення руху включає два етапи: зйомка і розпізнавання об'єктів на отриманому відеоряді. Крім того в момент початку зйомки людина (актор) для захоплення руху повинна прийняти еталонну позу, необхідну для розпізнавання ключових, опорних точок, використовуваних для відстеження. Даний тип систем орієнтований в першу чергу на створення основи для 3D анімації, а не на безконтактне управління.

Другий тип систем безмаркерного захоплення руху базується на аналізі даних з сенсора-далекоміра (одного або декількох). Використання сенсорів-далекомірів дозволяє істотно спростити ряд основних завдань машинного зору, а саме: відсікання заднього фону та сегментація об'єктів на зображенні. Рішення даного типу є менш ресурсоємними і дозволяють здійснювати захоплення руху в режимі реального часу. Також використання далекомірів скорочує кількість використовуваних камер під час захоплення руху.

Використовуючи безмаркерну систему на основі кольорової камери в дослідженні пропонується створити анімацію для 3D моделі персонажа з метою оцінити наскільки дана технологія спрощує процес анімації.

#### **Література:**

1. Технология Motion Capture [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://infoglaz.ru/41123-tehnologiya-motion.html>.

2. Motion capture [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: [https://en.wikipedia.org/wiki/Motion\\_capture#Markerless](https://en.wikipedia.org/wiki/Motion_capture#Markerless).

УДК 681.3

Сеньків Ю. М.

Науковий керівник: к. ф. н., доцент Плавуцька І. Р.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ЛЮДСТВО – МАЛА ЧАСТИНА ВЕЛИКОГО ПРОЦЕСУ

Senkiv Y.

Supervisor: Ph. D., Ass. Pr. Plavutska I.

### HUMANITY – SMALL PART OF A GREAT PROCESS

An experienced professor of science at Harvard University and an astronomer Abraham Loeb who searches for cosmic civilization once said, “the mark of intelligence is the ability to promote a better future”. These words were addressed with reference to one of the most important problems of today – human activity and its impact on the giant process which is called “the life of the entire planet” – actions that contribute to the endless birth, development and death of everything we see around us, infinite numbers of events that give meaning to our existence.

It is the fact that the Earth continues being damaged day by day. Tons of garbage, various emissions into the air, reservoirs and soils reduce the life and power of our planet. According to the statistics, every year one in four children in the world dies due to environment pollution. “If we continue to behave this way, we might not survive very long,” commented Loeb to emphasize the importance of this issue. Eventually, everyone can imagine what will our cities and the whole planet seem if humanity does not stop making a dump of the Earth. Truly, it all resembles a shortcut from some horror movie where the whole things which we can spectate are destroyed now as if a big meteorite has crushed into the planet allegedly since it was at the time of the extinction of the dinosaurs millions year ago.

Some scientists even compare our planet with a big tree with infinite number of branches which are the processes that are associated with the life of the Earth and the leaves are the people who make up a particular part of all processes. Everyone knows from school biology lessons that it is the leaves provide oxygen that is vital for every of us. Everyday humanity creates a new branch with a new leaf and wants it to be evergreen and bring many benefits. Those all wishes are great and perfect, but unfortunately here are too many ways to spoil the process and dry a whole branch which we can see at today’s realities.

“On the other hand, our actions could be a source of pride for our descendants if they sustain a civilization intelligent enough to endure for many centuries to come,” Abraham responded to his previous comment. If people can reduce bad influence on the environment and teach next generations to love and honor everything around, the Earth will be saved at least from internal influence and humans will be able to see only the perfect views – amazing nature, live cities and joyful people.

Many organizations, conferences and meeting are also dedicated to the beautification of the planet. The most famous and influence for them is United Nations Organization which deals with not only political problems, but with the ecology problems too. The scientists and just clever personalities from the whole world investigate the questions about “health” and future of our planet there. Those people do not just discuss extra tasks how to solve ecology issues there. They intend to inspire humanity through their performances to listen to global decisions to preserve the world in which they live.

IT technologies which are integral part of the human life today have also joined in solving environment problems. Apple Inc. is one of the most influential IT giants in the world has been almost the first who followed the idea of saving our ecology. Big slogan on its web-site “Earth won’t wait. Neither will we” gives an inspiration to their customers to follow company in idea of preserving the world.

Followed by Apple Inc. the other IT giants such as Google Inc., Microsoft etc. have started spreading worldwide problems of ecology and the ways to resolve them too. The biggest social

networks such as Facebook and Twitter have begun creating special pages, posts and public chats where people can join and discuss about the issues.

Following the newest ideas in beating environmental issues, during this century humanity invented too many technologies which make people's and planet's life easier. Alternative fuel and energy, electrical cars, recycling of garbage and more interesting startups started being a full-fledged part of the surrounding world.

The main point of the article is to grow up our tree healthier to create a great society and do the best to make our existence better. Meanwhile, the role of humans' activity is an integral part of a complicated process which impacts the life of our "gifted and treasured "Land". Calling back, people rarely think about environment issues, but they can and have to do it more often and much better to predict the global problems and be able to stop in time if necessary.

**Used sources:**

1. <https://www.bbc.com/future/article/20210520-could-humans-really-destroy-all-life-on-earth>
2. <https://www.apple.com/ua/environment/>
3. [https://www.microsoft.com/en-us/research/research-area/ecology-environment/?facet%5Btax%5D%5Bmsr-research-area%5D%5B0%5D=198583&sort\\_by=most-recent](https://www.microsoft.com/en-us/research/research-area/ecology-environment/?facet%5Btax%5D%5Bmsr-research-area%5D%5B0%5D=198583&sort_by=most-recent)
4. <https://www.facebook.com/deepsthlmuni/>
5. <https://sustainability.google/progress/projects/urban-ecology/>
6. <https://www.un.org/en/>



УДК 004.6, 004.89

**І.І. Сех, М.Б. Герович, Л.В. Федисів, О.А. Пелещак**  
Західноукраїнський національний університет, Україна

## **БАЗИ ДАНИХ АТАК ДЛЯ НАВЧАННЯ ТА ТЕСТУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ ВИЯВЛЕННЯ ВТОРГНЕНЬ**

**І.І. Sekh, M.B. Herovych, L.V. Fedysiv, O.A. Peleshchak**  
**ATTACK DATABASES FOR TRAINING AND TESTING INTELLIGENT INTRUSION DETECTION SYSTEMS**

Сьогодні безпроводні мережі передачі даних, зокрема з використанням технології Інтернет Речей, продовжують стрімко розвиватися, що пояснюється їх доступністю, простотою підключення користувачів і поширенням мобільних пристроїв. Проте безпроводне середовище передачі в силу своїх особливостей створює потенційні умови для прослуховування мережевого трафіку і неконтрольованого підключення до безпроводної мережі злоумисників, що знаходяться в зоні її дії. Крім того, такі мережі піддаються багатьом типам атак, у тому числі внаслідок недосконалості протоколів передачі даних.

Всього ж за останні п'ять років число мережевих атак виросло в декілька разів. Рядові користувачі і невеликі організації, як правило, обмежуються використанням антивірусного програмного забезпечення, яке на сучасному етапі розвитку має ряд додаткових модулів захисту (вбудовані міжмережеві екрани, перевірка електронної пошти і т. д.). Великі підприємства вимушені купляти дорогі системи виявлення і запобігання атакам. Системи виявлення атак можуть бути реалізовані як на основі моделі виявлення відомих ознак (сигнатур), так і на основі виявлення відхилень від нормальної поведінки (аномалій). Бази даних перших містять тисячі ознак атак, при цьому їх використання підвищує вимоги до апаратного забезпечення і помітно уповільнює швидкість обробки мережевого трафіку, тому частенько більшість правил адміністратор інформаційної безпеки відключає, що веде до підвищення ризику здійснення атаки. У свою чергу, технологія виявлення аномалій забезпечує захист від нових, невідомих вірусів і мережевих атак, але системи, побудовані на основі цього методу, можуть видавати велику кількість помилкових спрацювань.

Атаки на безпроводні локальні мережі розділені на дві групи: атаки фізичного і каналного рівня, що є специфічними для безпроводних мереж; атаки з мережевого по прикладний рівні, властиві будь-якій технології організації локальних мереж, у тому числі Ethernet.

В якості зразків атак з мережевого по прикладний рівні в роботі використана вдосконалена база сигнатур NSL KDD-2009 [1], побудована на основі бази KDD-99, створена за ініціативою американського агентства перспективних оборонних дослідницьких проектів (DARPA) [2]. Для проведення досліджень в області виявлення вторгнень агентством був зібраний набір даних про з'єднання, що охоплює широкий спектр різних вторгнень, змодельованих в середовищі, що імітує мережу Військово-повітряних сил США. База містить близько 4 гігабайт стислих даних про мережевий трафік.

Репрезентативність бази KDD-99 досить спірна. Важливим недоліком в наборі даних KDD-99 є величезна кількість надмірних записів (близько 78% і 75% записів в навчальній і тестовій вибірці відповідно), що викликає зменшення роботи алгоритмів класифікації у бік розпізнавання поширеніших записів і пропускання рідкісних. Крім того, із-за великого об'єму навчальної вибірки дослідники зазвичай розділяють її на частини і використовують їх для тестування ефективності алгоритмів класифікації, що у результаті призводить до недостовірних результатів експериментів.

Вище згадані проблеми вирішені у базі NSL KDD-2009 [1]. Вона містить навчальний і тестовий набори, що складаються з окремих вибраних записів про з'єднання бази KDD-99. Кожне з'єднання позначене як нормальне або як якийсь тип атаки з чотирьох наступних категорій атак: відмова в обслуговуванні (Denial of Service, DoS); несанкціоноване

отримання прав користувача (Remote to Local, R2L); несанкціоноване підвищення прав користувача до суперкористувача (User to Root, U2R); зондування (Probe). Детальний опис атак представлений в [3].

Проте, для навчання і тестування систем виявлення атак у безпроводній мережі потрібна також вибірка безпроводних атак, специфічних для мереж 802.11, тобто атак каналного рівня. Для вирішення задачі формування такої вибірки можна використати тестову локальну безпроводну мережу. Середовищем генерації атак може бути ноутбук з набором спеціальних утиліт для тестування на проникнення в мережу і безпроводним адаптером в режимі моніторингу. Для перехоплення і аналізу кадрів з метою формування бази сигнатур атак можна використати другий ноутбук з безпроводним адаптером в пасивному режимі моніторингу. Зібрані кадри необхідно представити у вигляді, що використовується у базі NSL KDD-2009.

У свою чергу, атаки на безпроводні сенсорні мережі можна розділити на активні та пасивні. Активні атаки це загальні атаки, атаки на кластерну мережу та атаки на систему захисту мережі. Згідно з цими даними наступні атаки можуть завдати найбільшого несприятливого впливу при реалізації зловмисником: атака Сібіли (Sybil attack), атака блокування вузла, атака блокування вузла з наявністю умов, тунельна атака, атака відмова в обслуговуванні. Отримати базу даних атак на безпроводні сенсорні мережі можна використовуючи систему моделювання Network Simulator-2 (NS-2), яка дозволяє модифікувати вихідний код, додаючи необхідні дії з пакетами, надає можливість моделювати необхідні атаки [4].

Отже, поширення безпроводних мереж призводить до необхідності приділяти активну увагу вирішенню властивих їм проблем інформаційної безпеки. При цьому існуючі засоби захисту, у тому числі комерційні безпроводні системи виявлення атак, не забезпечують повноцінного захисту. Тому актуальними задачами є підвищення ефективності виявлення вторгнень у безпроводних мережах шляхом розробки сучасних методів та засобів вирішення цієї задачі. Перспективним є використання нейромережевих технологій, що доведено на практиці [5].

#### **Література:**

1. The NSL-KDD Data Set [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://nsl.cs.unb.ca/NSL-KDD>.
2. KDD cup 99 Intrusion detection data set [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://kdd.ics.uci.edu/databases/kddcup99>.
3. Lincoln Laboratory. DARPA Intrusion Detection Evaluation. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ll.mit.edu/mission/communications/cyber/CSTcorpora/ideval/docs/attackDB.html>.
4. Issariyakul T., Hossain E. Introduction to Network Simulator 2 (NS2). In: Introduction to Network Simulator NS2. Springer, Boston, MA. 2012. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-1406-3\\_2](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-1406-3_2).
5. Komar M., Kochan V., Dubchak L., Sachenko A., Golovko V., Bezobrazov S., Romanets I. High performance adaptive system for cyber attacks detection. The 9th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications : Proceedings (Bucharest, Romania, September 21-23, 2017). Bucharest, 2017. Vol. 2. Pp. 853-858.

УДК 004: 658.8

А.В. Скренкович, І.В. Струтинська, докт. екон. наук, доц..

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ВЕБ АНАЛІТИКА – ЕФЕКТИВНИЙ ІНСТРУМЕНТ ЦИФРОВОЇ АДАПТАЦІЇ БІЗНЕСУ

Anton Skrenkovych, Iryna Strutynska, Dr., Assoc. Prof.

### WEB ANALYTICS - AN EFFECTIVE TOOL OF DIGITAL BUSINESS ADAPTATION

Економіка сучасного бізнесу складається із взаємодії між собою різних платформ, тому розгортання на базі глобальних електронних мереж тягне за собою потребу в зборі та аналізу даних. Одним з найкращих інструментів, вважається Google Analytics - сервіс веб аналітики для сайтів та додатків, який дозволяє аналізувати поведінку користувачів. Зібрана інформація розміщується на віддаленому сервері від компанії Google. Для підключення до системи потрібно встановити на сторінках сайту невеликий код JavaScript.

Принцип роботи Google Analytics полягає у зборі даних за допомогою лічильника на сервері компанії. Процес роботи лічильника: Встановлення Cookie-файлів; Збір даних про перегляд сторінки; Оновлення звітів на серверах Google; Готовий звіт для подальшої роботи. Користувачі потрапляють на сайт із кодом Google Analytics. Тут інформація про них та їхні дії автоматично відстежуються і записується (наприклад, URL сторінки, що дозволяє здатність дисплея пристрою, дані про час сесії і т.д.). Потім генерується перелік Cookie-файлів, який надалі дозволить ідентифікувати відвідувача. Код лічильника не тільки стежить за користувачем, але й надсилає дані про нього на сервери для подальшої обробки. Через певний проміжок часу сервер опрацює отримані дані та оновить звіти користувачів у системі. Не важливо, які цілі ставить компанія, аналітика допоможе проаналізувати відвідуваність будь-якого веб-ресурсу. Сервіс надає значний арсенал інструментів для аналізу різних параметрів відвідування:

1. *Візуалізація шляху користувача.* Послідовність переходу до мети – це весь шлях, який долає відвідувач, щоб вирішити якесь завдання.

2. *Налаштування панелей інструментів.* Для зручного перегляду статистики, користувачі можуть надати звітам різний пріоритет важливості, прибравши з екрана зайві та додавши значущі. Це дозволить максимально швидко зробити аналіз інформації щодо відвідуваності веб-ресурсу.

3. *Перехресна сегментація.* Завдяки спеціальному функціоналу зведеної таблиці в Microsoft Excel, користувач може отримати різні дані. Наприклад, на своєму особистому сайті Ви можете побачити, які ключові запити найпопулярніші в пошуковій системі.

4. *Експортування даних та надсилання звітів за розкладом.* Дані зі звітів можна трансформувати у документ потрібного формату (XLS, CSV, PDF тощо). Надалі це дозволить зібрати їх частини до інформаційних збірників звітів для детального аналізу. Ця можливість сервісу є особливо корисною для аналітиків та SEO-фахівців.

Отже, як ніколи стає важливим збирати, аналізувати дані, адже це допоможе власникам бізнесу покращити веб ресурси, перебудувати внутрішні бізнес-процеси у роботі компанії, ефективно масштабувати рекламні оголошення та тестувати диверсифіковані гіпотези, які сприятимуть підвищенню прибутку та ефективності діяльності.

УДК 681.3

Солтис М. В.

Науковий керівник: к. ф. н., доцент Плавуцька І. Р.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## ГНУЧКІ НАВИЧКИ ЯК ВАЖЛИВА ЧАСТИНА ІТ

Soltys M.

Supervisor: Ph. D., Ass. Pr. Plavutska I.

### SOFT SKILLS AS THE IMPORTANT PART OF IT

There are a lot of hard skills IT specialist must have. However, sometimes hard skills may not be enough to achieve certain results. In these cases, performers' soft skills come to the rescue. What are soft skills? What kind of problems can they solve?

The modern development of technology affects the development of society. It creates the false impression that new inventions can solve any task or problem. But this approach has its threats and limitations. The fact is that the human nature remains unchanged, and the opportunities that new technologies provide turn the "human factor" into the weakest link in the production process.

The main goal of soft skills is to turn the "human factor" into the strongest link in the development process, improve communication and relations among members of staff. These improvements positively influence the production process, make it more effective, faster and convenient for employees and customers.

What are soft skills and how they solve necessary problems? These are personal characteristics and interpersonal acquirements that characterize a person's relationships with colleagues. In the workplace, soft qualifications are considered to be a complement to hard skills, which refer to a person's knowledge and occupational competencies.

Soft qualities have more to do with who people are, rather than what they know. Thus, they encompass the character traits that decide how well one interacts with others and usually are a definite part of an individual's personality. In a competitive labor market, employees who demonstrate a good combination of hard and soft skills often see a greater demand for their services.

"I would rather hire a man with enthusiasm, than a man who knows everything.", said John D. Rockefeller. From this quote, we can understand that personal characteristics, even in the 19th and 20th centuries, were valued more than technical skills. However, this point of view has gained the greatest popularity only in the 21st century.

The most important two soft skills are communication and collaboration:

Comprehension is a necessity. Ability to relay and understand ideas is a must-have for all IT workers. The capability to influence is especially needed for senior roles. In addition to this, due to the good communication you can avoid different difficulties, which may be caused by little misunderstanding among members of team. Moreover, employee can explain properly the essence of the problem to his colleagues who can help him to solve it. "Communication and sociability are all needed by the developer. What for? In order to be able to correctly describe work tasks, interact with another developers and customers. Moreover, these skills may help a worker to receive a lot of valuable information from colleagues. Communication qualities can be improved by visiting different trainings or reading books.", notes Alexey Kartinnik, YouTube blogger, "team lead" and senior developer at SoftTeco.

Collaboration is also extremely important. "Lone-wolf" developers may have a lot of problems with team work. Due to strong ties between teammates, tasks can be performed faster and more efficiently. Working collaboratively often means taking a step back and doing things under the supervision of another member of the team. "If a developer is a "team player", it will be easier to adapt to the new team, workflow and environment because his colleagues will be eager to help him as fast as possible. Unless he likes to work in a team, employee may have misunderstandings

with his teammates. This can negatively affect the development process and his career.”, says Alexey Kartinnik.

The ability to learn is a tremendously necessary skill for all IT workers. Information Technologies are evolving extremely fast. So every day developer should get to know a large amount of new information, stay on top of the latest trends, adapt to new environment to remain in demand as a specialist.

Empathy is inevitably essential for each IT team. Getting to know each other better leads to empathy. If a worker feels empathy to his colleagues, he will trust them and be sure that they won't let him down. Besides, team communication will move to a higher level. This factors will positively influence the development process.

Employees face different problems and a great amount of new technologies daily. They have to be able to adopt on the fly to save more time dealing with the problem or studying something new to perform it properly. So flexibility is also important quality for IT specialist.

Passion is exceptionally important skill for every programmer. Trying to solve the same problem using different ways again and again needs a lot of passion and attention.

English is one of the most necessary skills for IT. Firstly, it can be very useful during learning a programming language. A lot of language constructions are built on the basis of English. However, if programmer doesn't know it, he also loses a great amount of new information. All breaking news is available in English-speaking community and while this information is being translated into another language, it may be a bit outdated. Furthermore, a lot of staff members should be able to communicate with foreign customers easily. So IT companies prefer specialists with advanced speaking skills. “English is one of the key skills for IT specialist. So every employee ought to know this language at the proper level because he is not only a developer, he is a representative of his company. It is important to improve speaking, listening and reading skills to master the profession of an IT specialist. Watching videos on IT subjects, reading different articles and technical documentation may help to study English effectively. Furthermore, knowledge of English can help an employee to get a promotion faster.”, notes Sergey Nemchinskiy, YouTube blogger, CEO and founder of FoxMinded

To summarize, soft skills are exceptionally important for every employee especially in the field of IT. They help us make our work process simpler, faster and more comfortable. Although the field of soft skills is quite large and extensive, I suppose it will develop more and more in the near future.

**Literature and sources:**

[www.investopedia.com](http://www.investopedia.com)

[enterprisersproject.com](http://enterprisersproject.com)

You Tube channel “Sergey Nemchinskiy”

You Tube channel “ITBeard”

УДК 004: 658.8

І.В. Струтинська, докт.екон.наук, доц..

Р.П. Зоуля

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## РЕОРГАНІЗАЦІЯ НАЦІОНАЛЬНОЇ СИСТЕМИ СТАТИСТИКИ – ГАРМОНІЗАЦІЯ ЦИФРОВОГО РИНКУ УКРАЇНИ З РИНКАМИ ЄС

Iryna Strutynska, Dr., Assoc. Prof.

Roman Zozulya

### REORGANIZATION OF THE NATIONAL STATISTICS SYSTEM - HARMONIZATION THE DIGITAL MARKET UKRAINE WITH THE EU MARKETS

Особливості упровадження новітніх технологічних процесів на базі сучасних інформаційних технологій, а саме створення новітніх інформаційних продуктів та послуг, розвиток електронних інформаційних ресурсів (електронних бібліотек, баз та банків даних, і т.д.), дослідження програмно-апаратної реалізації цих завдань, розробка інструментарію орієнтації та професійної взаємодії в мережевому середовищі, постійно перебувають у полі зору зарубіжних та вітчизняних науковців.

Використання повного масиву інформації на відкритих інформаційних системах, доступних для суспільства у певному виді його діяльності, сприяє гуманізації, демократизації та добробуту його членів, підвищує їх роль в удосконаленні механізму управління громадським устроєм. Саме тому, вважаємо, що основним джерелом даних в майбутньому може бути сайт державної статистики України. Проте, він потребує цифрової трансформації, доопрацювання та модифікації. На сьогодні Україна значно відстає по дослідженню та відкритості даних (табл. 1).

Таблиця 1

Порівняння систем статистики (у розрізі технологічних можливостей)

Індикатор для порівняння	Україна	Естонія	Сінгапур	ЄС
Кількість доступних статистичних суб-категорій	96	112	161	226
Доступні формати для вивантаження готових даних	docx, pdf, xls	csv, docx, pdf, xls, pc-axis, xml, json	xlsx, csv, tab, pdf, delimited, html	xls, csv, html, spss, tsv, pdf, pc-axis
Доступність мікро даних (детальні дані для наукової діяльності)	-	+	+	+
Можливість роботи з даними (модифікація, візуалізація, власні індикатори, ін..)	-	+	+	+
Прогнозування показників	-	-	-	+
Наявність відкритого API	-	-	+	+

На сайді держстатистики доступні дані по 96 статистичних суб-категоріях, при цьому в Естонії цей показник становить – 112, в Сінгапурі – 161, на сайті статистики країн ЄС – 226. Щодо доступності форматів вивантаження готових даних з метою подальшого їх використання, у нас також існують проблеми, адже доступні лише наступні формати: docx, pdf, xls. Ці формати унеможливають подальшу роботу з цими даними, адже немає можливості доступності мікроданих, модифікації, візуалізації, прогнозування та ін..

Вважаємо, що цифрова трансформація державної статистики України надзвичайно необхідна, адже вона сприятиме відкритості даних, використання їх у роботі науковців, аналітиків, ІТ спеціалістів. Це у свою чергу сприятиме появі інноваційних програмних продуктів та послуг, що підвищуватимуть конкурентоспроможність нашого суспільства та країни в цілому.

УДК 004.77-042.3:316.4

Є.В. Тиш, канд. техн. наук

В.В.Б. Кохан

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ФОРМУВАННЯ СУСПІЛЬНОЇ ДУМКИ В СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖ НА ПРИКЛАДІ МЕРЕЖІ TWITTER

Ie.V. Tysh

V.V.B. Kokhan

### FORMATION OF PUBLIC OPINION IN SOCIAL NETWORKS ON THE EXAMPLE OF THE TWITTER NETWORK

Сьогодні складно уявити своє життя без гаджетів та інтернету. Сучасні технології значно спростили процеси роботи та побуту людей 21 століття. Соцмережі, які прийшли на заміну листуванню – також стали невід’ємною частиною побуту. Соціальні мережі, окрім очевидного спілкування з друзями, дозволили поширювати свої думки чи ідеї в маси та впливати на погляди людей які не знайомі між собою чи навіть можуть жити на іншому кінці світу.

Твіттер це соціальна мережа мікроблогів, яка дає змогу користувачам надсилати короткі текстові повідомлення до 280 символів, використовуючи SMS, служби миттєвих повідомлень і сторонні програми-клієнти. Створений у 2006 році, твіттер незабаром завоював популярність у всьому світі. Станом на 1 січня 2011 року сервіс нараховував понад 200 млн користувачів. За даними опублікованими у звіті про доходи компанії за 3 квартал 2021 року [1] середня кількість активних користувачів, яким можна показувати рекламу, у дні підзвітного періоду складала 211 мільйонів акаунтів. За даними аналітичного вебсайту «Datareportal» [2] опублікованими у листопаді 2021 року в Україні знаходиться 817.6 тисяч потенційних користувачів, яким можна показувати рекламу, які складають 2.2% від загальної кількості користувачів Твіттер віком старше 13 років. Загальний показник потенційних переглядачів реклами на платформі становить 463 мільйони користувачів.

Окрім висловлення своєї особистої думки, на платформі Твіттер можна створювати облікові записи організацій чи офіційних установ і ділитися новинами чи планами на подальшу роботу з читачами. У залежності від кількості підписників та займаної у суспільстві посади твіти можуть сильно впливати на економіку та інші сфери життя. Для прикладу твіт генерального директора та архітектора продуктів компанії Tesla, Inc., Ілона Маска [3] знизив вартість компанії Tesla, Inc. майже на 100 доларів США за даними американського бізнес-медіа Inc. [4]. Такі коливання на фондовому ринку за лічені хвилини завдали численних втрати інвесторам компанії Tesla, Inc. Також в інтернеті можна зустріти статті на тему спекуляцій Ілона Маска з криптовалютами Bitcoin та Dogecoin.

У статті [5], опублікованій у 2014 році, описано емпіричне дослідження формування думок у соціальній мережі Твіттер. У дослідженні було використано близько 6 мільйонів твітів створених 2.3 мільйонами авторів на протязі 2010 року. Результати показали що соціальні мережі можуть формувати та змінювати думку людини, проте цей процес відбувається повільно, а кількість агентів що змінюють свою думку спадає за степеневим розподілом. Позитивно на зміну думки чи її наближення до запропонованої у мережі впливає активність поширення запропонованої думки, кількість авторів які її поширюють та наявність однієї популярної думки. Додатково було проведено симуляцію яка імітувала поведінку людей у соціальній мережі та підтвердила факт що взаємодії через соціальні мережі формують думки людей.

З дослідження [6] опублікованого у 2020 році випливає висновок що особливо активно діляться своїми повідомленнями та думками самовпевнені, екстравертивні та недобросовісні агенти, яким не важлива репутація та думка інших. У статті досліджували поведінку поширення повідомлень користувачами у соцмережах. Для проведення

експерименту було симульовано агентів з 3 характеристиками, кожна з яких могла приймати одне значення із діапазону між 0 та 1. Агенти обмінювались повідомленнями у 6 різних типах мереж.

Підсумовуючи результати наведених досліджень та згаданих статей – варто пам'ятати про цифрову безпеку та грамотність. Для боротьби з дезінформацією необхідно перевіряти сумнівні твердження опубліковані у мережі та шукати декілька точок зору для того щоб отримати повну картину подій. Беручи до уваги напружені стосунки України з Росією – Україні варто посилювати свій вплив та присутність у соціальних мережах для зміцнення морального духу та збільшення міжнародної підтримки України.

### Література:

1. Microsoft Word - Q3-21 Earnings Release Final\_10.25.21\_\_702pm.docx [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://s22.q4cdn.com/826641620/files/doc\\_financials/2021/q3/Final-Q3'21-earnings-release.pdf](https://s22.q4cdn.com/826641620/files/doc_financials/2021/q3/Final-Q3'21-earnings-release.pdf).
2. The Latest Twitter Stats: Everything You Need to Know — DataReportal – Global Digital Insights [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://datareportal.com/essential-twitter-stats>.
3. Elon Musk on Twitter: "Tesla stock price is too high imo" / Twitter [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://twitter.com/elonmusk/status/1256239815256797184>.
4. Elon Musk's Tweets Move Markets. This Time, Downward | Inc.com [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.inc.com/don-reisinger/elon-musks-tweets-move-markets-this-time-downward.html>.
5. Xiong F. Opinion formation on social media: An empirical approach: Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science: Vol 24, No 1 [Електронний ресурс] / F. Xiong, Y. Liu // Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: <https://aip.scitation.org/doi/full/10.1063/1.4866011>.
6. Opinion Formation on the Internet: The Influence of Personality, Network Structure, and Content on Sharing Messages Online [Електронний ресурс] / L.Burbach, P. Halbach, M. Ziefle, A. Calero Valdez // Frontiers in Artificial Intelligence. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://doi.org/10.3389/frai.2020.00045>.



УДК. 621.316.7

Р. Трач, Ю. Баляс, Р. Трємбач (канд. техн. наук, доц.).

Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя, Україна

## ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ВІБРОКОНТРОЛЮ МЛИНА

R. Trach, R. Trembach, Ph.D., Assoc. Prof

### IMPROVEMENT OF THE MILL VIBROCONTROL SYSTEM

Потенційні можливості систем керування визначаються вибором інформаційної технології. Складовою частиною інформаційної технології на базі будь-якого з методів обробки сигналів є відповідні засоби вимірювання, аналізу і передачі інформації. У роботі розглядається вдосконалена система управління валкового млина на основі контролю вібрації.

Найпростішою формою вібрації є гармонійне коливання тіла, що як функція часу являє собою синусоїду.

$$S(t) = A \cdot \sin(\omega t + \varphi)^2, \quad (1)$$

де  $A$  - амплітуда коливань;  $\varphi$  - початкова фаза коливань;  $\omega$  - кутова швидкість. При гармонійних коливаннях:  $A, \varphi, \omega = \text{const}$ .

Взаємозв'язок коливальних величин при гармонійних процесах:

$$V = 2\pi f S = a \cdot \frac{10^3}{2\pi f}; \quad (2)$$

$$S = \frac{V}{2\pi f} = a \cdot \frac{10^3}{2\pi f^2}; \quad (3)$$

$$a = (2\pi f)^2 \cdot S \cdot 10^{-3} = 2\pi f \cdot V \cdot 10^{-3}. \quad (4)$$

Таким чином, вібрація - це механічні коливання тіла біля положення рівноваги.

Структурна схема існуючої системи віброконтролю млина показана на рисунку 1. Вона складається з безконтактного давача вібрації VS-069, електронного модуля Vibrocontrol 1000, контролера збору і обробки інформації, і процесорного модуля, який являє собою SIMATIC S7-300.



Рисунок 1 – Структурна схема системи віброконтролю млина

На рис.1 використані позначення: ОД – об'єкт діагностування, ДВ- давач вібрації, ЕМ – електронний модуль, КЗіОІ – контролер збору і обробки інформації, ПМ – процесорний модуль, ПЕОМ – персональна електронно-обчислювальна машина.

Принцип роботи системи полягає в тому, що давач вібрації фіксує віброшвидкість валу млина у вертикальному напрямку і передає ці коливання на електронний модуль, а звідти вони передаються по струмовому каналу 4 – 20 мА на аналогові входи КЗіОІ (ES7 322). Звідси вони передаються на процесорний модуль типу CPU 316 де обробляються і передаються на ПЕОМ у вигляді графічної і числової інформації, де за допомогою програмного пакету INTACH можна переглянути результати вібродіагностики.

Для вдосконалення існуючої системи діагностування млина, додаємо давач швидкості віброколивань VS-068 фірми Bruel&Kjaer Vibro. Так як він нічим не відрізняється від аналогів, а відносно деяких параметрів і кращий за них. Він працює по електродинамічному принципу і використовується для реєстрації абсолютних коливань механізмів. Напрямок вимірювання в нього горизонтальний VS-068 (рис.2).

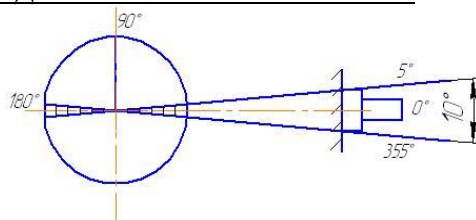


Рисунок 2. – Принцип вимірювання VS-068

В якості контролюючого параметру, що дозволяє виявити дефекти типу дисбалансу, попадання стороннього предмету в млин, не співвісності чи прогинання валу, що значно збільшують коливальну енергію млина в низькочастотному діапазоні рекомендується використовувати середньоквадратичне значення (СКЗ) віброшвидкості в діапазоні частот від 5 Гц до 1 кГц.

Так як, для таких механізмів рекомендується вимірювати коливання у вертикальному, горизонтальному і осьовому напрямку [1], в нашій системі ми використовуємо два таких датчика, і помістимо їх навколо млина в трьох різних точках з метою отримання максимальної інформації про коливання млина в різних режимах [2].

Структурна схема вдосконаленої системи віброконтролю млина показана на рисунку 3. Вона складається з двох безконтактних давачів вібрації VS-068 і VS-069, електронних модулів Vibrocontrol 1000, контролера збору і обробки інформації та центрального процесора, який являє собою SIMATIC S7-300.

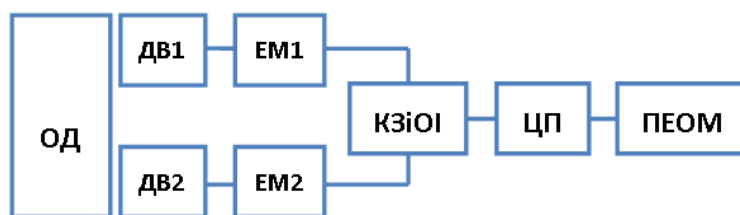


Рисунок 3 – Структурна схема удосконаленої системи віброконтролю

Принцип роботи системи полягає в тому, що давачі вібрації фіксують віброшвидкість валу млина в одному з допустимих напрямків і передають ці коливання на електронні модулі звідти вони передаються по струмовому каналу 4 – 20 мА на аналогові входи КЗіОІ (ES7 322). Звідси вони передаються на процесорний модуль типу CPU 316 де обробляються і передаються на ПЕОМ у вигляді графічної і числової інформації.

#### Література:

1. Генкин М.Д. Виброакустическая диагностика машин и механизмов./ М.Д. Генкин, А.Г. Соколова. – М.:Машиностроение,1987.-288 с.
2. Яблоков А. Е. Выбор места установки датчиков при вибродиагностике вальцовых станков/ А. Е. Яблоков. – М.: Компания Спутник, 2000.- С. 116-118.

УДК 519.2:612.179

Франчевська Г.І.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ МЕТОДІВ ВИЯВЛЕННЯ СИГНАЛІВ ПЛОДУ НА ФОНІ МАТЕРІ ТА ШУМУ

**H. Franchevska**

### PROBLEMS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT METHODS OF DETECTION OF FETAL SIGNALS AGAINST A BACKGROUND OF A MOTHER AND NOISE

При дослідженні стану серцево-судинної системи плоду необхідною є процедура неінвазивності методів діагностики для забезпечення захисту здоров'я матері та майбутньої дитини.

Одним із таких методів є процедура реєстрації фетальної електрокардіограми, яка є записом суміші з корисного електрокардіосигналу плоду та матері, а також різних артефактів та шумових складових різної природи [Sameni R., Clifford G. D., Jutten C., Shamsollahi M. B.] (рис.1).

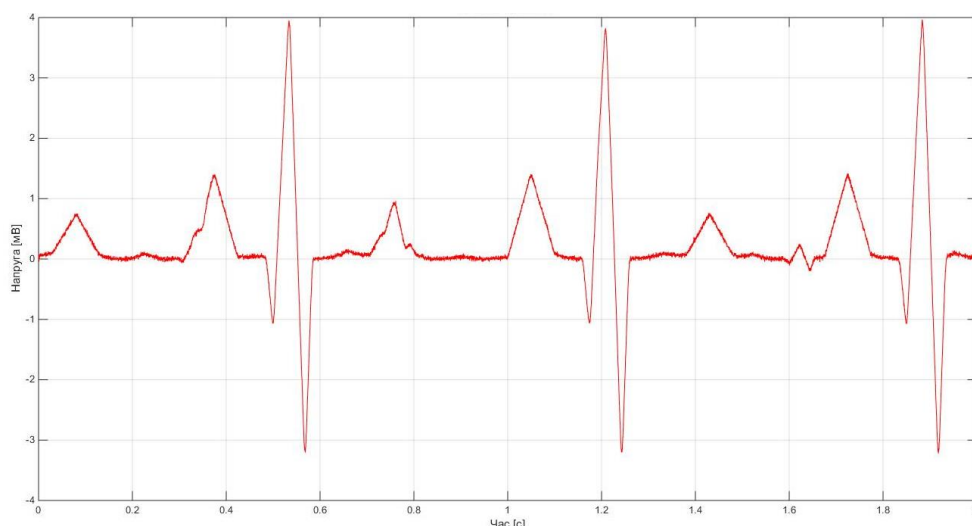


Рис. 1 – Загальний вигляд реалізації фетальної електрокардіограми

Існує кілька ключових областей, які потребують подальшого вивчення в області електрокардіографії плода, зокрема в області багатоканальних неінвазивних вимірювань фетальних сигналів. Мета полягає в тому, щоб отримати морфологію фетальної електрокардіограми з максимально можливою точністю, як це потрібно для морфологічних досліджень. У цьому контексті обмежувальні фактори та складні проблеми обробки сигналів включають:

- слабкість серцевих потенціалів плода та низька провідність шарів, що оточують плід, що призводить до низької амплітуди фетальної електрокардіограми на поверхні тіла матері;
- висока інтерференція материнської електрокардіограми, скорочення матки, дихальних сигналів матері та артефактів руху;
- можливі рухи плода та необхідність своєрідного «канонічного відображення» серцевих сигналів плода відносно осі тіла плода;
- розробка автоматичних процедур, які можна застосовувати до довгих наборів даних з мінімальною взаємодією з експертним оператором;

- забезпечення показників достовірності для оцінених серцевих сигналів і знаходження теоретичних меж для кількості «відчутної інформації» із записів поверхні тіла за наявності шуму.

Крім того, звичайні методи фільтрації електрокардіограми зазвичай базуються на певній мірі відокремленості сигналів і шуму в часі, частоті або масштабі, що є загальним для всіх методів видалення шумів. Однак серцеві сигнали мають додаткову псевдоперіодичну структуру, яку використовували в схемах зняття шумів електрокардіограми.

У попередніх дослідженнях багатоканальні методи розкладання зазвичай застосовувалися до спостережуваних сигналів досить «наосліп», тому, немає гарантії, що фетальні компоненти будуть виявлені як окремі компоненти. Тому важливим питанням є підвищення ймовірності вилучення компонентів плоду, а також покращення якості вилучених компонентів шляхом відповідної попередньої обробки та використання апріорної інформації про суміші сигнал/шум. Це необхідний крок для розробки надійних алгоритмів екстракції електрокардіограми/магнітокардіограми плоду.

Методи лінійної декомпозиції є дуже поширеними не тільки через достовірність самої лінійної моделі, але й через простоту цих моделей. Однак, є випадки, коли потрібні сигнали не можна лінійно розділити, і нелінійне розкладання – неминуче[1]. Цікавим полем дослідження є поєднання лінійних і нелінійних методів, щоб одночасно отримати переваги від простоти лінійних перетворень і потужності нелінійних методів. Інша пов'язана проблема полягає в пошуку фізіологічних інтерпретацій компонентів, виявлених за допомогою багатоканальних методів поділу джерел. Для серцевих сигналів це питання є важливим, враховуючи, що серце є розподіленим, а не точковим джерелом.

Іншою проблемою, що цікавить, є морфологічне моделювання фетальної електрокардіограми. У той час як попередні моделі електрокардіограми/магнітокардіограми плоду зосереджені на прямих моделях, заснованих на теоріях електромагнітної та об'ємної провідності [2, 3], для оцінки методів обробки сигналів на основі потенціалів поверхні тіла потрібні більш абстрактні моделі. Насправді, щоб оцінити та порівняти одно- або багатоканальні методи обробки, нам потрібні моделі, які дозволяють нам маніпулювати аспектами обробки сигналів змодельованих сигналів, такими як їхня морфологія, час інтервалу RR, положення плоду, розмірність та відношення сигнал/шум, без в деталі теорії поширення сигналу та об'ємної провідності. Для дорослої електрокардіограми приклад таких моделей був розроблений в [4], де одноканальна електрокардіограми дорослої людини моделювалася за допомогою динамічної моделі. Однак існуючі моделі не враховують багатовимірну природу електрокардіограми і не підходять для оцінки багатоканальних методик, які використовують «взаємну інформацію» різних каналів.

#### Література:

1. R. Sameni, «Extraction of Fetal Cardiac Signals from an Array of Maternal Abdominal Recordings», Ph.D. dissertation, Sharif University of Technology–Institut National Polytechnique de Grenoble, July 2008.
2. T. Oostendorp, Modeling the Fetal ECG. Ph.D. dissertation, K. U. Nijmegen, The Netherlands, 1989.
3. J. Stinstra, «Reliability of the fetal magnetocardiogram», Ph.D. dissertation, University of Twente, Enschede, The Netherlands, 2001.
4. P. E. McSharry, G. D. Clifford, L. Tarassenko, and L. A. Smith, «A Dynamic Model for Generating Synthetic Electrocardiogram Signals», IEEE Trans. Biomed. Eng., vol. 50, pp. 289-294, March 2003.

УДК 621.391.812

Григорій Химич, Володимир Демчук

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ НАЗЕМНОГО ТА СУПУТНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ 5G

Hryhoriy Khymych, Volodymyr Demchuk

### RESEARCH OF CONDITIONS OF DISTRIBUTION OF TERRESTRIAL AND SATELLITE COMMUNICATION ON 5G TECHNOLOGY

Стрімкий розвиток бездротових наземних та супутникових мобільних систем зв'язку на основі цифрових технологій та програмного забезпечення (штучний інтелект, нейронні мережі, великі масиви (big data) та ін.) ознаменувався технологіями 1G - 5G, 6G.

Технологія 5G передбачає:

- пікова швидкість завантаження даних на базову станцію до 20Гб/сек;
  - швидкість завантаження даних до 100 Мб/сек. та вивантаження до 50 Мб/сек. для одного абоненту;
  - можливість абонентському пристрою рухатись зі швидкістю до 500 км/год;
  - можливість пристроям перемикались між режимом заощадження енергії та повністю робочим за 10 мсек.;
  - затримки до 4 мсек. за сприятливих умов, і до 1 мсек. для спеціалізованих з'єднань;
  - поліпшена ефективність використання радіочастотного спектру: FR1- (450–6000)МГц, FR2 - (24250–52600)ГГц, зокрема (24,25-29,5)...(37-43,5) ГГц.;
  - обробка та накопичення даних з сенсорів на основі вбудованого комп'ютера (Raspberry Pi, Intel Edison);
  - обмін інформацією між пристроями Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee, 6LoWPAN;
  - передача даних зі швидкістю 1(10) Гб/сек водночас для багатьох користувачів;
  - можливість роботи  $\geq 1$  млн пристроїв на 1 км<sup>2</sup>;
  - використання пристроїв типу «інтернет речей (Internet of Things, **IoT**)» з можливістю обміну інформацією між собою, всеосяжний інтернет (Internet of Everything, **IoE**), «розумні» комп'ютерні системи, віртуальну реальність, розумні міста та мережеві роботи;
  - використання інтелектуальних інтерфейсів без участі людей;
  - ідентифікація кожного об'єкту на основі системи унікальної ідентифікації збору та накопичення інформації може забезпечуватись за допомогою мікросхем **RFID** (Radio-Frequency IDentification);
  - тактильний Інтернет (Tactile Internet) для забезпечення нових якостей послуг, де передається не тільки інформація, але і відчуття, дотики, переміщення, дії.
- Мережу 5G називають не «network», а «fabric» — тканина, яка забезпечує не тільки мережеві, але і розрахункові ресурси по всій мережі.
- Створення технології 5G потребує впровадження нових технологій, зокрема:
- використання у базових станціях по кілька сотень **масивів MIMO**, що реалізовується на основі багатоелементних цифрових антенних решіток. У базових станціях 4G технологія MIMO має в наявності лише 8 портів для передачі та 8 для отримання даних;
  - використання технології BeamForming для усунення проблем з інтерференцією хвиль через збільшення портів вводу-виведення MIMO;
  - підвищення спектральної ефективності на основі неортогонального множинного доступу (NOMA) та різних варіантів неортогональних за частотою (N-OFDM) сигналів;
  - кодування LDPC.

Враховуючи вище приведені переваги мережі 5G потрібно звернути увагу на недоліки, які є присутніми у даній мережі, які на теперішній час ще не врегульовані на рівні стандартів з точки зору використання частотних діапазонів, електромагнітної сумісності з наземними мережами та супутниковими метеорологічними системами (NOAA), особливо спектри (1675 – 1680) МГц, (23,6-24) ГГц, (36-37) ГГц, 50 ГГц, яка використовується для виявлення дощу та снігу, зменшення потужності (динамічної) сигналів високих частотних діапазонів, особливо RF2, із-за погодних умов (дощ, сніг, туман) розповсюдження сигналів, інтерференція хвиль через збільшення портів вводу-виведення МІМО.

На основі цих застережень необхідно:

- установлювати антенні системи на відстанях, не більше 250м;

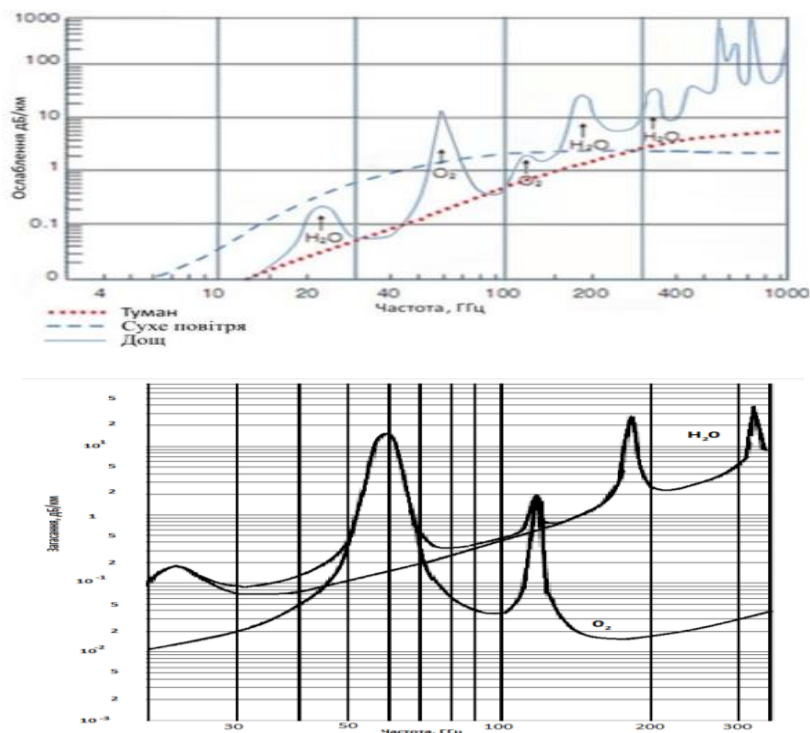


Рисунок 2. Залежність величини затухання від частоти з врахуванням (а) та без врахування (б) впливу дощу, розрахована ІТУ в 1996 році (Rec.676) [1].

- з'єднувати базові станції за допомогою оптоволоконних мереж;
- на рівні Всесвітньої конференції радіозв'язку ВКР (WRC-15, World radiocommunication conference) уточнити та розподілити частотні діапазони (2015, 2019р.).

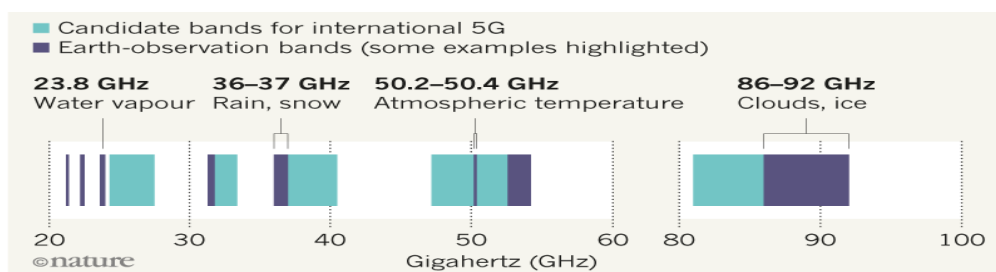


Рисунок 3. Спільні спектри з метеорологічними супутниками ДЗЗ [2].

### Література:

1. Авдєнко Г.Л. Обґрунтування частотних діапазонів для високошвидкісних безпроводових телекомунікаційних систем терагерцового діапазону. Електронне наукове фахове видання журнал «Проблеми телекомунікацій», 1(20), 2017 р.
2. <https://www.nature.com/articles/d41586-019-01305-4>

УДК 621.397.74

Григорій Химич, Ірина Яцюк

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ВПРОВАДЖЕННЯ РОЗУМНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ІЗ ШТУЧНИМ ІНТЕЛЕКТОМ ДЛЯ КЕРУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИМ ТА ПІШОХІДНИМ РУХОМ НА ВУЛ. РУСЬКА МІСТА ТЕРНОПОЛЯ

Hryhoriy Khymych, Iryna Yatsyuk

### INTRODUCTION OF SMART TECHNOLOGIES WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO CONTROL CAR AND PEDESTRIAN TRAFFIC ON THE STREET RUSKA CITY OF TERNOPIL

Впродовж останніх трьох десятиліть, а особливо останніх кількох років спостерігається суттєве зростання транспортних засобів. Парк авто в нашій країні становить 10,5 млн. штук. У Тернопільській обл. – 308'838 од. Один із основних показників, який безпосередньо вказує на рівень завантаженості транспортних мереж (доріг) – коефіцієнт автомобілізації населення (Ka), – це кількість автомобілів на 1000 жителів регіону.

$$Ka = n/1000$$

де n – кількість автомобілів.

У таблиці 1 відображено коефіцієнт автомобілізації населення країн світу [1].

Таблиця 1

Місце	Назва країни	Авто на 1000 осіб	Рік досліджень
1	Сан-Марино	1'263	2014
3	США	≥ 800	2016
<b>71</b>	<b>Україна</b>	<b>257</b>	<b>2019</b>

Коефіцієнт автомобілізації в Тернопільській обл. згідно даних AUTO-Consulting – 245 (257). Введемо ще один важливий коефіцієнт – рівень наповненості доріг, який корелюється з щільністю дорожньої мережі, протяжністю автомобільних доріг у відповідності до площі країни, кількість авто на 1 кв. км. Дані приведені в таблиці 2 [3].

Таблиця 2

Країна	Кількість легкових авто	Протяжність автомобільних доріг, км.	Кільк. легк. авто на 1 км дороги	Площа країни, км <sup>2</sup>	Щільність дор. мережі, км/км <sup>2</sup>	Кількість авто на 1 км <sup>2</sup>
Україна	7 003 000	169 422	41,33	603 700	0,28	11,6
<b>м. Тернопіль</b>	<b>60'000</b>	<b>450</b>	<b>133,3</b>	<b>71</b>	<b>6,34</b>	<b>845,1</b>
Німеччина	46 247 000	644 441	71,76	357 022	1,81	129,5

Дані для розрахунку: кількість вулиць у м. Тернополі – 287, загальна протяжність – 450 км., кількість населення – орієнтовно 226'000 чол.

У відповідності до даних Тернопільської міської ради однією з головних проблем м. Тернополя залишається невідповідна пропускна здатність автошляхів до інтенсивності руху автомобільного транспорту. Найзавантаженішими вулицями міста є вулиці Богдана Хмельницького, Руська, Живова, Збаразька та інші [2].

У даній роботі проводились аналіз та дослідження «вільного» руху автотранспорту (без заторів) в умовах наявної пропускної спроможності дороги з максимальною інтенсивністю проїзду авто (вул. Руська від моста через залізничні колії до перехрестя з вул. Танцюрова).

Згідно Методики розрахунку пропускної здатності дороги визначений показник ≤ (180 – 300) авто/год., рис.1. Виділені місця на карті вказують на світлофори, які програмно,



через певні періоди часу перемикаються, тим самим регулюють рух транспорту та пішоходів. Причому, час та період перемикання не змінюється протягом доби, не зважаючи на динамічну зміну інтенсивності руху вулицею у різні проміжки часу. Це говорить про відсутність реакції системи на динамічні зміни.

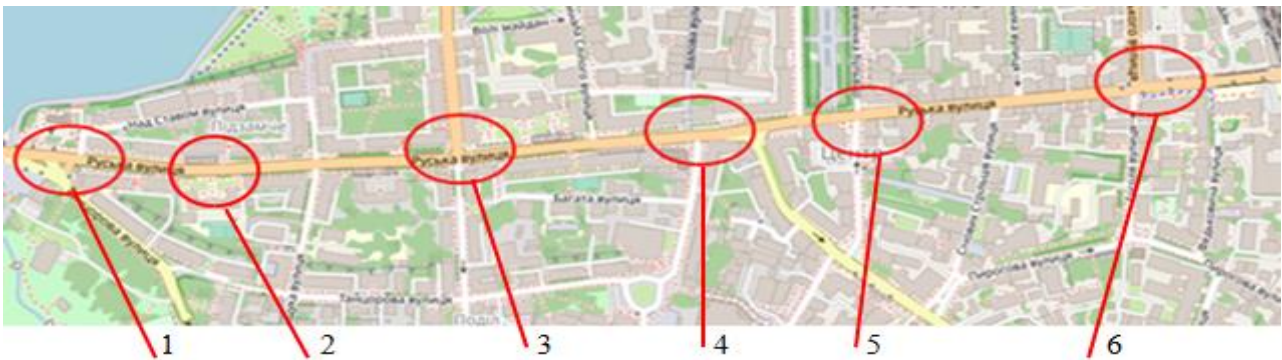


Рисунок 1. Географічна карта вул. Руська.

Для оптимального рішення запропонований наступний варіант, рис. 2.

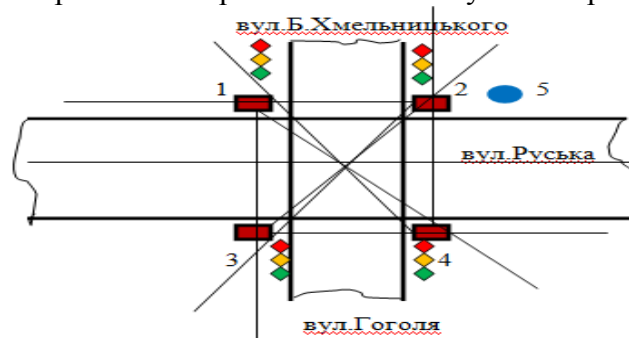


Рисунок 2. Фрагмент перехрестя вул. Руська-вул.Гоголя-вул.Б.Хмельницького.

Схематично фрагмент перехрестя показаний на рис. 3. Зв'язок між внутрішнім фрагментами модуля здійснюється на основі кабельної, оптоволоконної мережі, а зовнішніми на основі оптоволоконної та бездротової мережі (420 – 450)МГц, або (860 – 890)МГц.

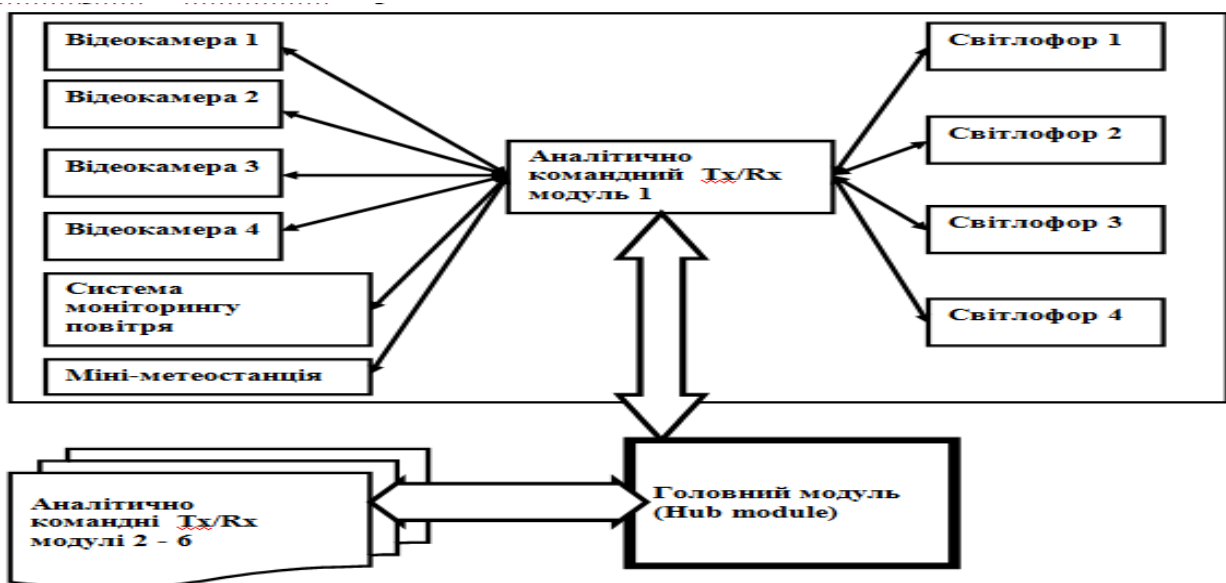


Рисунок 3. Фрагмент телекомунікаційної мережі.



Крім основної функції, система має можливість: виконувати статистичну функцію з підрахунку кількості пішоходів та авто, ідентифікувати обличчя пішоходів та водіїв автомобілів, фіксувати порушення правил проїзду автомобілем та переходу пішоходами.

На основі впровадження систем такого типу та архітектурної конфігурації буде можливим оптимізувати рух автомобільного транспорту вулицею Руська, зменшити затори на перехрестях, зменшити кількість шкідливих викидів у повітрі.

**Література:**

1. [https://uk.wikipedia.org/wiki/Список\\_країн\\_за\\_кількістю\\_автомобілів\\_на\\_1000\\_осіб#cite\\_note-21](https://uk.wikipedia.org/wiki/Список_країн_за_кількістю_автомобілів_на_1000_осіб#cite_note-21)
2. <https://ternopilcity.gov.ua>
3. <https://www.eea.europa.eu/themes/air/air-quality-index>

УДК 378.14

О. К. Шкодзінський, канд. техн. наук, доцент; М. М. Луцків; І-М. С. Смолій,  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## РОЗВИТОК ЗАСОБІВ ВЕРИФІКАЦІЇ ОСОБИ ТА ЇЇ ДІЙ ПРИ КОНТРОЛІ ЗНАНЬ В УМОВАХ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ

O. Shkodzinsky, Ph.D., Assoc. Prof.; M. Lutskev; I-M. Smolii

### DEVELOPMENT OF MEANS OF VERIFICATION OF PERSON AND ITS ACTIONS AT TESTING OF KNOWLEDGE IN DISTANCE LEARNING

Розвиток сучасного суспільства характеризується впливом на нього комп'ютерних технологій, що проникають у всі сфери людської діяльності. Інформатизація освіти є важливою складовою цих процесів. Комп'ютерні технології уже є невід'ємною основою освітнього процесу та стають основною передумовою підвищення його ефективності.

Найбільше застосування знаходять дві провідні тенденції: здійснення контролю за навчально-пізнавальною діяльністю студента та інформаційні технології як інструмент навчання та пізнання, що у своїй сукупності стали фундаментом для розбудови віртуального освітнього середовища закладу освіти [1].

Як форма контролю роботи студентів все частіше застосовується комп'ютерне тестування знань. Введення в освітній процес спочатку тестування, а згодом і комп'ютерного тестування стало цілеспрямованим кроком на шляху до усунення суб'єктивізму в оцінюванні пізнавальної діяльності студента. Форми контролю знань студентів у вигляді тестів зарекомендували себе як один із перспективних засобів підвищення ефективності управління якістю освітнього процесу за наявності як прихильників, так і противників цього підходу. Співвідношення між прихильниками і противниками перебуває у кореляції до якісних показників самих тестів.

Розроблення якісного тестового матеріалу є трудомістким завданням і передбачає забезпечення таких вимог як: значимість, наукова достовірність, репрезентативність (наявність у тесті основних структурних елементів змісту предмета у необхідному контролі обсязі), зростаюча складність навчального матеріалу, варіативність залежно від змісту досліджуваного матеріалу та обсягу годин, системність змісту, валідність, комплексність та збалансованість тесту, взаємозв'язок змісту та форми.

Але існує ще один бік питання, який противники тестування використовують як аргумент на свою користь – це поява нових можливостей для недобросовісного відношення до проходження тестового контролю знань, особливо в умовах дистанційного навчання, коли особи, що проходять контроль розосереджені у просторі та перебувають поза візуальним спостереженням екзаменатора. Це вимагає додаткових інструментів і заходів моніторингу й верифікації перебігу процесу тестування, які б давали підтвердження добросовісного проходження тестування для кожного учасника.

Поширеними зловживаннями при цьому є несанкціоноване використання ресурсів Інтернету чи електронних ресурсів в іншому вікні операційної системи чи браузера та використання підручних засобів (книжок, конспектів, мобільних пристроїв тощо) а також, підміна особи, що тестується. Одним із способів мінімізації цих проблем може стати створення засобів контролю активності вікна задачі тесту та використання засобів фотофіксації й розпізнавання особи на основі сучасних інформаційних технологій.

У запропонованому рішенні контроль активності вікна браузера із тестовими завданнями здійснюється на основі подій *focus* та *blur* інтерфейсу «FocusEvent» браузера й подається у результатах тестування у вигляді відсотку часу від виділеного на задачу, протягом якого вікно чи вкладка браузера із тестом були неактивними.

Технічне вирішення фотофіксації реалізоване у вигляді групи сервісів, які взаємодіють між собою. Front-end частина рішення тісно інтегрована із модулем «Тести і

анкети» LMS ATutor. Взаємодія із камерою студента реалізована з використанням «Media Capture and Streams API», який підтримується більшістю сучасних браузерів.

Перед початком тесту кадри із камери проходять авторизацію, використовуючи однойменний API, який видає токен доступу до тесту. Під час проходження кадри з певною періодичністю надсилаються на сервер, де зберігаються на диск у форматі *jpeg*.



Рис. Схема архітектури модуля фотофіксації та розпізнавання

Після закінчення проходження тесту, сервіс процесингу стискає отримані кадри кодеком VP9 із збереженням якості та запаковує у контейнер «WebM». Це зменшує дискові витрати у 7-9 разів. Надалі, кадри витягатимуться із контейнера. Після цього, відбувається розпізнавання та порівняння із фото особи у базі даних університету.

Сервіс розпізнавання реалізований на базі бібліотеки *dlib*, *face\_recognition*, *cv2*. API реалізований за допомогою мікрофреймворку «Flask». Процес розпізнавання починається із пошуку обличчя на зображенні. Для цього використовується комбінація двох моделей, які входять у *dlib*: спочатку ефективніша (швидша) на основі алгоритму гістограм спрямованих градієнтів (HOG) і лінійного SVM-класифікатора, а якщо вона не дала результату – повільніша, але точніша на основі CNN (згорткової нейронної мережі) [2]. Після цього, відбувається розпізнавання обличчя допомогою моделі *dlib\_face\_recognition\_resnet\_model\_v1* [3], яка є залишковою нейронною мережею (ResNet) із 29-ма шарами. Модель тренована розробниками на наборі з обсягом 3 млн. облич та забезпечує точність 99,38% у тесті «Labeled Faces in the Wild» [4]. В результаті роботи моделі отримується 128-вимірний масив векторів, які описують обличчя. Отримавши такі масиви для обличчя студента на кадрах та обличчя на фото в базі даних АСУ університету, відбувається обчислення евклідової відстані між ними, на основі якої формується висновок про схожість облич.

Сервіс процесингу публікує у результатах проходження тесту висновок про схожість у LMS ATutor разом із повним записом кадрів, доступних для перегляду.

Запровадження таких технічних рішень у системі електронного навчання дозволить суттєво обмежити та відслідковувати недобросовісне проходження контролю знань в умовах дистанційного навчання.

### Література:

1. Дячук С. Ф., Коноваленко І. В., Шкодзінський О. К. Віртуальне освітнє середовище ТНТУ на базі LMS ATutor // Міжнародний наук.-практичний семінар «Теорія і практика дистанційного навчання іноземних громадян: вітчизняний та міжнародний досвід». – ХНУРЕ, 12 листопада 2014. – С.11–15.
2. [https://github.com/davisking/dlib-models#mmod\\_human\\_face\\_detectordatbz2](https://github.com/davisking/dlib-models#mmod_human_face_detectordatbz2)
3. [https://github.com/davisking/dlib-models#dlib\\_face\\_recognition\\_resnet\\_model\\_v1datbz2](https://github.com/davisking/dlib-models#dlib_face_recognition_resnet_model_v1datbz2)
4. <http://vis-www.cs.umass.edu/lfw/>

УДК 004.72

**М.І. Шоцький, В.В. Федина, С.В. Марценко, канд. техн. наук, доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ КЕРУВАННЯ МЕРЕЖЕВИМИ ПРИБОРАМИ**

**M.I.Shotskyi, V.V. Fedyna, S.V. Martsenko, Ph.D., Assoc.**

### **RESEARCH OF PROCESSES OF NETWORK DEVICES CONFIGURATION AUTOMATION**

Сучасні мережі змінилися у своїх розмірах та складності архітектури. Кількість пристроїв та їх різноманіття приводять до ускладнення процесів налаштування та контролю правильності роботи. Ручне управління стає все більш утрудненим та, у деяких випадках, практично неможливим для мережевого інженера. В таких випадках автоматизація процесів управління та конфігурації мережевими пристроями стає єдиним рішенням для повноцінної та ефективної роботи.

Дослідження процесів автоматизації налаштування та керування мережевими пристроями показує, що є декілька підходів до вирішення цих задач:

- забезпечення налаштування мережевого обладнання через використання бібліотек готових наборів команд для визначених типів обладнання;
- використання графічних інтерфейсів для виконання конфігурування пристроїв;
- здійснення керування пристроями за допомогою стандартизованих протоколів та спеціалізованого програмного забезпечення;
- повна віртуалізація мережевих функцій.

Набори готових командних шаблонів є хорошим підходом у невеликих мережах, де обладнання у більшості своїй однакове. Такий варіант автоматизації дає змогу швидко відновитись у випадку виходу з ладу пристрою за умови наявності аналогічного. Іншим варіантом використання може бути реплікація коду з незначною зміною. До найбільшого недоліку цього методу можна віднести схильність до помилки у коді, оскільки немає функцій перевірки на адекватність налаштування реальній мережі. Уся відповідальність лягає на мережевого фахівця, що ускладнює масштабування цього підходу у великих мережах.

Графічні інтерфейси дають змогу проводити налаштування обладнання для фахівців без необхідності вникнення в архітектуру операційних систем різних виробників і вивчення їх команд. Проте, автоматизація у цьому випадку дуже складна, оскільки вигляд графічних інтерфейсів може змінюватись і написання шаблонних сценаріїв роботи практично неможливе.

Використання стандартизованих протоколів дає змогу проводити налаштування та управління великою кількістю пристроїв, що загалом вирішує задачу автоматизації цих процесів. Проте, більшість програмних продуктів, що забезпечують функціонал керування мережевими вузлами є платними. Реалізація специфічних, для певної мережі, сценаріїв налаштування ускладнене відсутністю доступу до модифікації шаблонів, якщо це не передбачено розробником.

Багато сучасних мереж організовані у гібридному форматі, коли частина ресурсів є фізичними пристроями, а частина віртуальними, що розміщені у хмарі. При такому підході зручним є використання сучасного методу управління інфраструктура як код. Готовими рішеннями які популярні є AWS CloudFormation, Terraform, Ansible, Chef, Puppet, Vagrant, Azure Resource Manager, Google Cloud Resource Manager, Serverless Framework. Програмування є невід'ємною частиною їх роботи.

УДК 004.72

М.І. Шоцький, В.В. Федина

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОРГАНІЗАЦІЇ ЗОНОВОЇ БЕЗПЕКИ У КОМП'ЮТЕРНІЙ МЕРЕЖІ

M.I.Shotskyi, V.V. Fedyna

### RESEARCH OF THE PROCESS OF ZONE SECURITY ORGANIZATION IN A COMPUTER NETWORK

Захист інформації та інформаційних ресурсів набуває все більш вагомого значення при проектуванні нових мереж та модернізації роботи існуючих. Таким чином, актуальною задачею є дослідження організації зоновної безпеки для ефективної та безпечної роботи мереж різного призначення. При дослідженні проектування безпеки в мережах потрібно враховувати низку факторів, що визначають особливості роботи організації, наборів обладнання та потоків трафіку, що мають бути захищені.

Аналіз літературних джерел дав змогу сформулювати ряд задач, що потребують вирішення при організації зоновної безпеки, а саме:

- дослідити розмір мережі для визначення правильного підходу до організації мережевої безпеки;
- визначити набори обладнання, їх тип та можливості для впровадження спроектованих рішень;
- провести аналіз потоків даних з визначенням рівнів важливості для забезпечення роботи організації;
- провести зонування мережі з використанням зон безпеки другого рівня, третього рівня або їх поєднання.

Дослідження розмірів мережі дасть змогу визначити чи створення зональної безпеки не буде приводити до ускладнення її роботи та подальшого обслуговування адмініструючим персоналом. В маленьких мережах, в багатьох випадках, достатнім рішенням є використання списків контролю доступу для організації контролю трафіку. При невеликих кількостях типів потоків даних процес написання таких списків не потребує особливих затрат часу та в подальшому спрощує керування мережею при зміні адміністратора. У мережах з динамічними потоками даних такий підхід працювати не буде або його робота буде неефективною.

Аналіз наборів обладнання дасть змогу провести аудит мережевих ресурсів з визначенням версій операційних систем, апаратних можливостей нести додаткові навантаження щодо аналізу потоків даних, сумісності різного обладнання між собою при розгортанні єдиної політики безпеки мережі.

Для різних мереж не всі потоки даних є однаковими. Створення правильної політики безпеки мережевих ресурсів організації вимагає чіткого розуміння точок входу та виходу трафіку, переходів трафіку між різними сегментами мережі, класифікації наборів даних та ін. Створення зональної безпеки базується на створенні правил роботи з даними чітко визначеними у політиці безпеки мережі організації.

Створення зонування потребує визначення на яких рівнях у мережі буде застосовуватись дана технологія. Використання зон безпеки другого рівня буде акцентувати увагу на інтерфейсах другого рівня і включатиме списки інтерфейсів в зоні, активні політики безпеки, що будуть застосовувати правила до трафіку який проходить через інтерфейс. Зональна безпека, що базується на третьому рівні використовує для організації інтерфейси третього рівня.

УДК 004

А. В. Юхименко, студент, О. В. Чебанюк, професор, д.т.н.

НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського», Україна

## МЕТОДИКА ПОПЕРЕДЖЕННЯ ВИТОКУ МОВНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ЧЕРЕЗ ГІРОСКОП У МОБІЛЬНИХ ПРИСТРОЯХ НА ОС ANDROID

A. V. Yukhymenko, student, O. V. Chebanyuk, Dr., Prof.

### THE METHODOLOGY OF SPOKEN INFORMATION LEAKAGE PREVENTION THROUGH GYROSCOPE IN ANDROID MOBILE DEVICES

Сучасні мобільні пристрої надають широкі можливості для обробки та обміну інформацією. Водночас високий рівень апаратних можливостей, програмних засобів та бездротових технологій значно розширює можливості зловмисників для несанкціонованого отримання інформації.

Поняття мобільного пристрою об'єднує переносні пристрої (handheld devices), що можуть мати доступ до мережі і здатні виконувати: збирання, обробку, накопичення, зберігання та передавання інформації [2][3]. Поняття включає: мобільні телефони (у т.ч. смартфони), планшети, смарт-годинники, електронні книги та ін.

За даними ресурсу [1], станом на липень 2021 у світі понад 5.27 млрд. унікальних користувачів мобільних телефонів — приблизно 67% населення світу. Кількість користувачів мережі інтернет — 4.8 млрд. людей, з них 92.1% виходять в інтернет з мобільних пристроїв.

Наразі переважна більшість мобільних пристроїв у світі працюють під керуванням двох ОС: Android та IOS (понад 98%) [2]. Будь-яка вразливість у кодї цих ОС може перетворити мобільний пристрій на закладний і є проблемою глобального масштабу.

У даній роботі розглядається актуальна загроза витоку мовної інформації у мобільних пристроях на ОС Android та пропонується методика виявлення потенційно небезпечних додатків.

У матеріалах праці [3] розглядалася можливість отримання мовної інформації з даних гіроскопу мобільного пристрою, що забезпечується особливостями конструкції датчика.

У складі MEMS датчика гіроскопу, що встановлюється у мобільні пристрої є легкий вантаж, що може переміщатись під дією зовнішніх сил. У тому числі коливатись у полі акустичних хвиль. При наявності акустичних коливань, дані на виході датчика модулюються за амплітудою, завдяки чому його можна використовувати в якості мікрофона.

Результати роботи [3] свідчать також про успішне розпізнавання мовної інформації, яку було отримано з даних гіроскопа мобільного пристрою, з використанням нейронної мережі.

В ОС Android існує механізм керування дозволами. Він визначає, до яких функцій пристрою може отримати доступ додаток. На сайті компанії Google представлено список функцій [4], для використання яких додаток повинен отримати дозвіл. Серед них використання даних гіроскопа не потребує дозволу. Враховуючи можливість одержання мовної інформації з даних гіроскопа та відсутність вимоги надання спеціального дозволу для його використання, існує загроза витоку мовної інформації на пристроях з ОС Android.

Положення методики, що пропонується в даній роботі, дозволять визначити потенційно небезпечні додатки — ті, що можуть реалізувати розглянуту загрозу витоку мовної інформації з використанням гіроскопу мобільного пристрою.

Методика передбачає виконання наступних дій:

Проаналізувати список активних процесів в ОС мобільного пристрою. Серед додатків, виконуваних в даний момент, необхідно скласти множину тих, що використовують дані гіроскопа. Відсортувати сформовану множину додатків за швидкістю зчитування даних (sampling rate) у порядку спадання, та розділити на підмножини відповідно до порогового коефіцієнту.

Позначити додадок як безпечний, чи потенційно небезпечний залежно від того, до якої підмножини він включений.

Під пороговим значенням мається на увазі найбільша частота зчитування даних гіроскопа, при якій відновлення мовної інформації неможливе або значно ускладнене.

Положення методики можуть бути втілені в окремому додатку для пристроїв на ОС Андроїд. Це надасть можливість користувачам проводити сканування активності зчитування даних гіроскопа активними додатками та запобігати реалізації загрози шляхом зміни дозволу для додатку чи завершення процесу.

Високий рівень технологій сучасних мобільних пристроїв, їх значне поширення та доступ до мережі значно розширює можливості зловмисників для несанкціонованого отримання інформації.

Можливість використання гіроскопу у якості мікрофона становить загрозу витоку мовної інформації у мобільних пристроях.

Реалізація запропонованої методики у додатку дозволить користувачам мобільних пристроїв визначати потенційно небезпечні додатки та попередити реалізацію представленої загрози витоку.

### **Література:**

1. DIGITAL AROUND THE WORLD [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://datareportal.com/global-digital-overview>.

2. Poetker B. The Mobile Operating Systems That Matter Right Now (+Effects on Development) [Електронний ресурс] / Bridget Poetker. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: [https://www.g2.com/articles/mobile-operating-systems?\\_\\_cf\\_chl\\_captcha\\_tk\\_\\_=pmd\\_AqqGJl98nhYsip05OK6.D5\\_xG6vl.C7LDF8jODuDnZg-1634778643-0-gqNtZGzNAzujcnBszQdl](https://www.g2.com/articles/mobile-operating-systems?__cf_chl_captcha_tk__=pmd_AqqGJl98nhYsip05OK6.D5_xG6vl.C7LDF8jODuDnZg-1634778643-0-gqNtZGzNAzujcnBszQdl).

3. Michalevsky Y. Gyrophone: Recognizing Speech from Gyroscope Signals [Електронний ресурс] / Y. Michalevsky, D. Boneh, G. Nakibly – Режим доступу до ресурсу: <https://www.usenix.org/system/files/conference/usenixsecurity14/sec14-paper-michalevsky.pdf>.

4. Як змінити дозволи для додатків на телефоні Android [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://support.google.com/android/answer/9431959?hl=uk>.

УДК 004.89

Яцишин В.В. канд. техн. наук, доцент, Щербаков О.О., Лова М.Р.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## АНАЛІЗ БАЗ ДАНИХ ЗОБРАЖЕНЬ У ГАЛУЗІ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ

Yatsyshyn V.V. PhD, Assoc. Prof., Scherbakov O.O., Lova M.R.

### ANALYSIS OF IMAGE DATA SETS IN THE AREA OF COMPUTER VISION

Комп'ютерний зір відноситься до області штучного інтелекту, який швидко розвивається. Для того, щоб полегшити роботу при проектуванні таких систем, зокрема, моделей та їхніх архітектур, деякі фірми поділились сформованими навчальними вибірками.

Одним з таких наборів даних є модифікована база даних рукописних цифр Національного інституту стандартів і технологій (MNIST). Цей набір представляє собою елементарну колекцію даних для комп'ютерного зору, що містить 70 тисяч зображень рукописних цифр для кожного числа, тобто 0 – 9, які відформатовані у форматі сірого 28x28. Дані попередньо розділені на навчальну вибірку (60 тисяч) і тестовий набір (10 тисяч). Усі цифри розміщені у центрі зображення. Даний набір є корисним для фундаментального проекту комп'ютерного зору, коли необхідно автоматично оцифрувати рукописний текст

Набори даних CIFAR-10 і CIFAR-100 підготовлені Канадським інститутом перспективних досліджень. CIFAR-10 складається з 60 тисяч зображень розподілених за 10-ма класами. Дана колекція включає зображення літаків, автомобілів, птахів, котів, оленів, собак, жаб, коней, кораблів і вантажівок. До складу CIFAR-100 входять 60 тисяч зображень, але тепер вже передбачено 100 класів, тобто 600 зображень на кожен клас. Колекції CIFAR-10 і CIFAR-100 є зручними для використання, оскільки всі вони відформатовані у форматі 32x32 пікселі та попередньо розділені на навчальний набір із 50 тисяч зображень та тестовий набір із 10 тисяч зображень з рівною часткою даних з усіх класів.

Набір даних IMDB-Wiki містить 520 тисяч зображень обличчя, виділених з IMBD та Вікіпедії. Дані містять важливу метаінформацію, наприклад розташування обличчя на зображенні, ім'я, дата народження та стать людини на фотографіях. Цей набір даних зазвичай використовується для завдань прогнозування статі та віку.

ImageNet набір даних створено спільно Стенфордським університетом та Принстонським університетом для типового змагання з комп'ютерного зору під назвою ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge (ILSVRC), де командам-учасникам було запропоновано 5 основних завдань, тобто класифікація об'єктів, локалізація об'єктів, виявлення об'єктів, виявлення та розпізнавання об'єктів з відео за допомогою набору даних ImageNet. Цей набір даних побудований на основі ієрархії WordNet (лексична база даних для англійської мови), де містяться лише іменники. В середньому на кожен вузол ієрархії припадає понад 500 зображень. Всього є понад 1,4 мільйона зображень понад 220 тисяч класів. Наразі це найбільший доступний набір зображень, який є відкритим і загальнодоступним.

Набір PASCAL VOC даних було відкрито дослідницьким інститутом PASCAL, що фінансується Європейським Союзом. Дана колекція містить зображення за 4-ма основними темами і включає транспортні засоби, домашнє господарство, тварин та людей.

При реалізації комп'ютеризованої системи виявлення справжності ID-картки доцільним є використання наведених наборів даних, що дозволить забезпечити виявлення об'єктів у різних предметних областях.



**УДК 004.89**

**Яцишин В.В. канд. техн. наук, доцент, Шуптарський В.В., Цісарук Д.А.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## **АЛГОРИТМИ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ СЕГМЕНТАЦІЇ КОРИСТУВАЧІВ У МАРКЕТИНГОВИХ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМАХ**

**Yatsyshyn V.V. PhD, Assoc. Prof., Shuptarskyi V.V., Tsisaruk D.A.**

### **MACHINE LEARNING ALGORITHMS FOR USER SEGMENTATION IN MARKETING COMPUTER SYSTEMS**

Найбільш поширеними і широко використовуваними методами сегментації, які застосовуються при побудові маркетингових систем є групування за ознаками і методи статистичного аналізу.

В основі методу групування лежить принцип послідовного розбиття множини об'єктів на підмножини (групи) з врахуванням найбільш важливих властивостей чи ознак. Одна з таких властивостей об'єкту виділяється як критерій на основі якого можна сформулювати деяку систему показників (тип продукції, виробник товару, потенційний споживач конкретного виду товару).

Побудова маркетингових комп'ютерних систем вимагає застосування сучасних методів і засобів, які повинні бути орієнтованими на вирішення задач аналізу поведінки користувачів, формування промоакцій, сегментації товарів, послуг і користувачів. Одними із таких трендових технологій для проведення маркетингових досліджень є методи машинного навчання, зокрема, кластеризація і класифікація користувачів і товарів.

У сфері машинного навчання кластеризація передбачає навчання без вчителя, тобто для цього типу алгоритму існує лише один набір вхідних даних без міток. Тому потрібно розв'язати задачу одержання інформації, не знаючи попередньо, яким буде вихід.

Кластеризація використовується в проектах для компаній, які хочуть виявити спільні властивості у своїх клієнтів, щоб застосувати сегментацію клієнтів, створити карти подорожей клієнтів або знайти групи та сформулювати рекомендовані набори товарів чи послуг.

Таким чином, якщо значний відсоток клієнтів мають певні спільні риси (вік, тип сім'ї тощо), компанія може рекомендувати проведення певної кампанії, послуги чи товару. Кластеризація також корисна для одержання загальних уявлень про інформацію якою оперує компанія.

З іншого боку, класифікація належить до алгоритмів навчання з вчителем, тобто наявний контроль за навчанням. Це означає, що вхідні дані мають мітки класів і наперед відомий можливий вихід алгоритму. Розрізняють бінарну класифікацію, яка розв'язує задачі з категорійними відповідями (наприклад, "так" і "ні"), і мультикласифікація, для задач, де потрібно знайти більше двох класів, відповідаючи на більш відкриті відповіді, такі як «чудово», «звичайний» і «недостатній». Класифікація використовується в багатьох галузях, наприклад у біології або в десятковій класифікації Дьюї для книг, при виявленні спаму в електронних листах та ін. Класифікація зазвичай використовується у фінансовому секторі. В епоху онлайн-транзакцій, коли використання готівки помітно зменшилося, необхідно визначити, чи безпечні переміщення за допомогою карток. Суб'єкти можуть класифікувати операції як правильні або шахрайські, використовуючи історичні дані про поведінку клієнтів, щоб дуже точно виявляти шахраїв.

УДК 004.4'236

**В.В. Яцишин, канд. техн. наук, доцент, Х.В. Яворська**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## **АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВІЗУАЛЬНИХ МОВ ПРОГРАМУВАННЯ**

**V.V. Yatsyshyn PhD, Assoc. Prof., K.V. Yavorska**

### **ANALYSIS OF VISUAL PROGRAMING LANGUAGES FEATURES**

Сучасна епоха проектування та реалізації комп'ютерних інформаційних систем характеризується, у більшості своїх випадків, застосуванням мов програмування з визначеними синтаксичними конструкціями у вигляді тексту. Це передбачає написання рядків коду для виконання конкретного завдання у вигляді строго визначеної послідовності команд, наприклад у вигляді коду С або С++. Альтернативою таким мовам програмування є візуальні мови, в основі яких лежить «програмування графічними блоками», яке підтримує концепцію «Drag&Drop». Перевагою використання таких мов програмування є зниження порогу входу розробників програмного забезпечення комп'ютерних систем, зменшення витрат часу для програмування системи, а також зручність і простота модифікації визначених алгоритмів.

Будь-яка мова, яка використовує графічне представлення об'єктів програмування, а під візуальним інтерфейсом яких виконується програмний код, що написаний за допомогою синтаксичних конструкцій, представляє собою візуальну мову програмування.

Візуальна мова програмування дозволяє розробнику мислити природно і логічно, на відміну від традиційних мов програмування. Користувач таких мов повинен думати про те, як він/вона може «пояснити» програму комп'ютеру.

В якості прикладу, візьмемо одну невелику аналогію, наприклад, якщо потрібно запрограмувати таблицю множення, то при використанні традиційної мови програмування необхідно написати цикл і за допомогою нього можна виконати обчислення та вивести на дисплей таблицю множення. На візуальній мові програмування просто потрібно додати блок, який має вбудований код типу «of loop» та вказати значення, а результат буде таким же, як і в попередньому випадку.

Visual Programming Language (VPL) можна використовувати в багатьох сферах, таких як мультимедіа, навчальні цілі, відеоігри, автоматизація та інтеграція різних систем. Розглянемо їх коротко:

- Мультимедіа – VPL допомагає користувачам створювати мультимедіа, не турбуючись про реальний код або інші складні функції. Він звужується до конкретних функцій, і за допомогою них створюється мультимедіа.

- Навчальна мета – використовуються, щоб допомогти студентам у їхніх проектах та ознайомити їх із кодуванням.

- VideoGames – допомагає створювати відеоігри без написання рядків кодів.

- Прототипування систем – у випадку не знання мови програмування, можна створити прототип програмного забезпечення.

Візуальні елементи легко зрозуміти, вона включає в себе різноманітні вбудовані об'єкти, які потрібні під час створення продукту і це зручно для початківців, які не переймаються написанням рядків коду

Додавання спеціального коду також доступне та просте, оскільки дозволяє створювати блоки відповідно до зручності користувача.

**ЗМІСТ**

**СЕКЦІЯ: ФІЗИКО-ТЕХНІЧНІ ОСНОВИ РОЗВИТКУ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

1. **Р.З. Золотий, О.Р. Дмитрів, Р.І. Охнівський, В. П.Семенець** 5  
АВТОМАТИЗОВАНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІЧНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ  
ТЕРТЯ ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ КУЛЬОВИХ ОБ'ЄКТІВ
2. **В.О. Яцюк, В.О. Ситарчук, В.В. Скоропляс** 7  
ОСОБЛИВОСТІ ВИБОРУ СХЕМИ РОЗРАХУНКУ ПОШИРЕННЯ  
ТЕПЛОТИ ПРИ ЗВАРЮВАННІ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ ПЛАСТИНА

**СЕКЦІЯ: НОВІ МАТЕРІАЛИ, МІЦНІСТЬ І ДОВГОВІЧНІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ  
КОНСТРУКЦІЙ**

1. **М.М. Василик, В.О. Яцюк, В.В. Лазарюк** 9  
КІНЕТИЧНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ УЩІЛЬНЕННЯ ТВЕРДИХ СПЛАВІВ  
НА ОСНОВІ КАРБІДІВ ТИТАНУ ТА НІОБІУ
2. **Св.Св. Гомон, Т.О. Довбенко, С.М. Савчук, О.В. Верешко** 11  
РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ДЕРЕВИНИ  
БЕРЕЗИ ПІД ВПЛИВОМ АГРЕСИВНОГО СЕРЕДОВИЩА
3. **В.Б. Каспрук, І.М. Загурський** 12  
ОЦІНКА ВОГНЕСТІЙКОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ
4. **Я.О. Ковальчук, Н.Я. Шингера, Я.Л. Швед** 13  
МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕДІНКИ ДВОСХИЛЬНОЇ СИМЕТРИЧНОЇ  
ЗВАРНОЇ ФЕРМИ ПРИ ДІЇ ЦИКЛІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ
5. **О.П. Конончук, Б.В. Гаврилюк, М.Л. Дячук, О.Я. Прокопенко** 14  
ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ  
МОНОЛІТНОГО ЗАЛІЗОБЕТОННОГО КАРКАСУ БУДІВЛІ МСЕ
6. **О.П. Конончук, Н.Б. Дідик, М.В. Кейса, О.О. Копач** 16  
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РІЗНИХ ВИДІВ НАВАНТАЖЕННЯ НА  
РОБОТУ КАРКАСУ БУДІВЛІ МЕТОДОМ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ
7. **В.А. Кривень, Л.І. Цимбалюк, В.Б. Валяшек** 18  
ПЛАСТИЧНЕ ВІДШАРОВУВАННЯ ВКЛЮЧЕННЯ З ОДНОБІЧНИМ  
КОНТАКТОМ НА ПОЧАТКОВІЙ СТАДІЇ
8. **І.М. Підгурський, О.М. Підлужний, В.Р. Мисько, В.І. Поліщук, В.І.  
Ясинський** 19  
МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМІВНОГО СТАНУ  
ЦИКЛІЧНО НАВАНТАЖУВАНИХ КОНСТРУКЦІЙ
9. **І.М. Підгурський, Р.В. Чоп, Н.В. Бойчук** 20  
ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ ФУНДАМЕНТІВ ДЛЯ  
БУДІВЕЛЬ І СПОРУД ЕЛЕВАТОРНОГО КОМПЛЕКСУ
10. **П.Д. Стухляк, В.О. Наумов, Р.З. Золотий** 21  
ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАПОВНЕНИХ  
ЕПОКСИКОМПОЗИТІВ
11. **М.І. Цепенюк, В.В. Плюта** 22  
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДЕМПФУВАННЯ АСИНХРОННОГО  
ЕЛЕКТРОДВИГУНА НА ПЕРЕХІДНІ ПРОЦЕСИ В ПРИВІДНОМУ  
МЕХАНІЗМІ
12. **У.В.Шилінська** 23  
ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ ВИКОРИСТАННЯ АЕРОГЕЛЮ В СФЕРАХ  
ТЕХНОЛОГІЙ

**СЕКЦІЯ: СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ В БУДІВНИЦТВІ, МАШИНО- ТА  
ПРИЛАДОБУДУВАННІ**

1. **А.В. Бабій, І.В. Головецький, П.В. Герасимович** 25  
ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ КАРТОПЛЯРСТВА В  
УКРАЇНІ
2. **Д. Баран, Д. Крушельницький, С. Левицький, О. Горошкевич,  
А.Ольшанський** 27  
ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПОЛІМЕРНОЇ АРМАТУРИ В  
ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЯХ
3. **Д. Баран, Н.Шманько, В.Томків, П.Коляса, А.Ольшанський** 29  
ОСОБЛИВАСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ТОНКОСТІННИХ ХОЛОДНО-  
ГНУТИХ ПРОФІЛІВ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ НЕСУЧИХ БУДІВЕЛЬНИХ  
КОНСТРУКЦІЙ
4. **О.В. Березіцький, А.Є. Дячун, В.Т. Сисюк** 31  
РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ  
РОЗТОЧУВАННЯ ПЕРЕРВНИХ ПОВЕРХОНЬ
5. **Д.В. Бондарєв** 32  
МЕТОДИ АНАЛІЗУ РОЗСПІВАЛЬНИХ СЕРЕДОВИЩ
6. **В.В. Васильків, А.В. Бараболюк** 34  
МОНІТОРИНГ РИНКУ ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ  
ПРОЦЕСІВ ПОШАРОВОГО СИНТЕЗУ
7. **В.Н. Волошин, Р.В. Жолодзь** 36  
ВПЛИВ ЖОРСТКОСТІ ЗАТИСКНОГО ПАТРОНА НА ДІАМЕТРАЛЬНІ  
ПОХИБКИ ПРИ ДВОРІЗЦЕВІЙ ТОКАРНІЙ ОБРОБЦІ
8. **Р.В. Грицеляк, В.М. Вірченко, І.І. Самогальський** 37  
АНАЛІТИЧНА ТА СКІНЧЕННО-ЕЛЕМЕНТНА МОДЕЛЬ БУДІВЛІ
9. **Р.В. Грицеляк, Р.В. Корчинський, Ю.П. Малинович** 38  
АНАЛІЗ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ МОДЕЛІ БУДІВЛІ
10. **Р.В. Грицеляк, І.Р. Пакулець, Ю.В. Костецький** 39  
МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ
11. **Д. С. Гриценко** 40  
ОСОБЛИВОСТІ ЗАМИКАННЯ КУЛАЧКОВОЇ ПАРИ МЕХАНІЗМУ  
ПЕРІОДИЧНОГО ПОВОРОТУ
12. **В.С. Деревляний, А.Є. Дячун, А.М. Елшербіни** 42  
ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ТОКАРНОЇ ОБРОБКИ ПОВЕРХОНЬ ІЗ  
ЗМІННОЮ ГЛИБИНОЮ РІЗАННЯ
13. **В.В. Закамарко, О.П. Бернатович, В.Б. Святий, А.П. Сорочак** 43  
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СПОСОБУ АРМУВАННЯ НА ТРИМКУ  
ЗДАТНІСТЬ КЛЕСНИХ ДЕРЕВ'ЯНИХ БАЛОК
14. **Ю.Б. Капаціла, М.О. Науменко** 44  
ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ ВІДСЛІДКОВУВАННЯ МАРШРУТУ  
АВТОМАТИЗОВАНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ
15. **Г.Крамар, Л.Залізовська, Ю.Костецький, М.Нагорний** 45  
СКІНЧЕННО-ЕЛЕМЕНТНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТРИМКИХ  
ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІМ-  
ТЕХНОЛОГІЙ
16. **Б.С. Крохмальний, В.М. Фірута, А.З. Ольшанський, А.П. Сорочак** 46  
ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ СТОХАСТИЧНОГО ІМІТАЦІЙНОГО  
МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ КОНСТРУКТИВНИХ  
ПАРАМЕТРІВ ПРОСТОРОВОЇ ФЕРМИ

17. **Я.М.Кришталович** 48  
ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ НА БАГАТОЦІЛЬОВИХ  
ВЕРСТАТАХ
18. **А.О. Ларочкін, А.О. Пашко, І.В. Коваль** 50  
ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ БУДІВЕЛЬ
19. **Н.М. Олексієнко** 51  
АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ДЕФОРМУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ПІД ЧАС  
ТОЧКОВОГО ЗВАРЮВАННЯ
20. **О.М. Піняк, О.Г. Мацьків, І.В. Коваль** 53  
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ БУДІВЕЛЬ
21. **Б.В. Сава, І.Р. Козбур, В.Р. Медвідь** 54  
ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ  
ПРИВОДАМИ КРОКУЮЧОГО ШАСІ МОБІЛЬНОГО РОБОТА
22. **Р.А.Склярів, Д.А.Приходай** 56  
ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ОБРОБКИ НА  
МЕТАЛОРІЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТАХ
23. **М.Я. Сташків, І.І. Борис, Р.О. Булаєнко, В.О. Булаєнко** 57  
МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ РОБОЧИХ ОРГАНІВ  
КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНИХ МАШИН З ГРУНТОМ
24. **П.С. Федорів, І.П. Федорів** 59  
ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУМИННОГО ЛІНІЙНОГО ПРИВОДУ ТИПУ  
СТАКАН
25. **А.І. Швець** 61  
ТЕХНОЛОГІЧНА СПАДКОВІСТЬ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ДЕТАЛЕЙ  
МАШИН
26. **В. С. Якубовський** 62  
ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ ОТРИМАННЯ РОЗМІРІВ ПРИ  
ФРЕЗЕРУВАННІ

#### СЕКЦІЯ: СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ НА ТРАНСПОРТІ

1. **М.В. Бабій, П.І. Лачук** 63  
ЕТАПИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ УКРАЇНИ
2. **Н.Ю. Даньків, О.В. Боцюрко** 64  
ДОТРИМАННЯ ГАБАРИТНО-ВАГОВИХ НОРМ – ЗАПОРУКА  
БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ
3. **А.Б. Гупка, В.О. Грех, О.І. Мазурок, В.Ю. Колесник** 65  
ЗМІНА ПРИТИЗНОШУВАЛЬНИХ ТА ПРОТИЗАДИРНИХ  
ВЛАСТИВОСТЕЙ МОТОРНИХ ОЛИВ ПІД ВПЛИВОМ  
ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ
4. **Д.І. Жук, В.О. Лабенський, О.С. Храпко** 67  
ЕКСПЕРТНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ПЕРЕВЕЗЕНЬ
5. **М.Г. Левкович, Л.Н. Чорній., В.В. Яцишин** 69  
ПРОГНОЗУВАННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ДЕТАЛЕЙ ЦПГ
6. **М.Г. Левкович, М.Ю. Грат, Т.В. Гачкевич** 71  
МЕТОДИ І ЗАСОБИ ДІАГНОСТУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ЦПГ
7. **І.В. Луців, В.М. Буховець, Т.М. Сілярський** 73  
ЕВОЛЮЦІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ СХЕМ ТОКАРНОГО СПОРЯДЖЕННЯ  
ЩОДО ЗМЕНШЕННЯ ПРУЖНИХ ДЕФОРМАЦІЙ ПІД ЧАС  
ОБРОБЛЕННЯ
8. **Ю.І. Пиндус, В.П.Калушка, Р.Р. Заверуха, О.Ю. Пиндус, Ю.І. Пипко** 75  
ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ПРУЖИННОГО ЕНЕРГОАКУМУЛЯТОРА  
ПНЕВМОПРИВОДУ З ЗАСТОСУВАННЯМ МЕХАНІЗМУ  
ФІКСУВАННЯ ПОРШНЯ

9. **Ю.І. Пиндус, В.П.Калушка, Р.Р. Заверуха, О.Ю. Пиндус, Ю.І. Пипко** 77  
ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛООВОГО БАЛАНСУ РОБОТИ ДВИГУНА НА  
ДИЗЕЛЬНОМУ ПАЛИВІ ТА БІОПАЛИВІ
10. **Р.М. Рогатинський, В.Л. Дмитроца, М.В. Грубенюк, Р.П. Цапик** 79  
ТРАНСПОРТУВАННЯ НАСИПНОГО ПАЛИВА ГВИНТОВИМИ  
КОНВЕЄРАМИ
11. **Р.М. Рогатинський, Р. В. Хорошун, А.Д. Бобков, Р.Б. Шимків** 81  
МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ АВТОМОБІЛЯ ПО КРИВОЛІНІЙНІЙ ТРАСІ
12. **В.В. Ткачук, Ю.С. Шуберт** 83  
ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ЛОГІСТИЧНОГО СКЛАДУ

### СЕКЦІЯ: КОМПЮТЕРНО-ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СИСТЕМИ ЗВ'ЯЗКУ

1. **О.В. Балакунець, Є.В. Тиш** 84  
МЕТОДИ ТА ПРОГРАМНО-АПАРATНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ  
РЕЗЕРВНОГО ЖИВЛЕННЯ В КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМАХ
2. **О.М. Барановський, А.В. Жилін, Г.С. Голич** 85  
ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ  
ВИРШЕННЯ ЗАДАЧІ ДЕТЕКТУВАННЯ ТОЧКОВИХ АНОМАЛІЙ У  
МЕРЕЖЕВОМУ ТРАФІКУ ЗАСОБАМИ SIEM SPLUNK
3. **В.П. Волоський, Ю.З. Лещинин, Н.Р. Романишин** 87  
КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ТА БАЛАНСУВАННЯ ЛІТІЙ-  
ІОННИХ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ
4. **А. В. Гайдар, В. А. Готович** 89  
ЗАСТОСУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНО-ІНФОРМАЦІЙНИХ ЗАСОБІВ В  
ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ
5. **О.Р. Гончаренко, Є.В. Тиш** 90  
СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ СОНЯЧНИХ ТРЕКЕРІВ
6. **Р.О.Жаровський, Д.В.Дармопук** 91  
ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОННОГО НАВЧАННЯ
7. **С.А.Криськова** 92  
ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ. ПОБУДОВА  
ГЕОІНФОРМАЦІЙНОЇ КАРТИ «ВИДАТНІ УКРАЇНСЬКІ ВЧЕНІ»
8. **Д.В. Кунинець, Ю.З. Лещинин** 94  
ЗАСТОСУНОК ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ДАНИХ РОЗУМНОГО БУДИНКУ
9. **Р. М. Кучерешко** 95  
СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОЇ  
ЛОГІКИ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ШКІДЛИВИХ ПРОГРАМ
10. **А.Д. Лавренів, І.В. Бойко** 97  
РОЗРОБКА МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ З  
ВИКОРИСТАННЯМ СЕРЕДОВИЩА WOLFRAM MATHEMATICA ТА  
МОВИ ПРОГРАМУВАННЯ C++
11. **Я.Р. Лапшин** 99  
АНАЛІЗ ЗАГРОЗ КІБЕРБЕЗПЕКИ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЙОГО ВПЛИВУ
12. **Р.В. Ларіоник, Н.С. Луцик** 100  
КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ  
ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ
13. **Ю.З. Лещинин, З.В. Кузик** 101  
МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ РОЗРОБКИ ТЕХНІЧНОЇ  
ДОКУМЕНТАЦІЇ МЕРЕЖЕВИХ КАБЕЛЬНИХ СИСТЕМ

14. **Ю.З. Лещинин, О.О. Марущак** 102  
КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА ОБЧИСЛЕННЯ ФАЗОВИХ ПАРАМЕТРІВ  
ФОНОКАРДІОСИГНАЛІВ
15. **Ю.З. Лещинин, В.Є. Петрусь** 103  
МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ПОБУДОВИ МУЛЬТИКАНАЛЬНОГО СЕРВЕРА  
В СИСТЕМІ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК»
16. **А.М. Луцків, А.В.Волощук, Ю.Р.Мельник** 104  
ПРИНЦИПИ ОРГАНІЗАЦІЇ РОЗУМНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ
17. **І.А. Ляпандра, В.В. Івахів, В.С. Білоус** 105  
МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ОБРОБКИ ВЕЛИКИХ ДАНИХ
18. **Є. В. Масталярчук** 107  
СИСТЕМИ РОЗВІДКИ КІБЕРЗАГРОЗ У СЬОГОДЕННІ
19. **М.В. Оконський, С.А. Лупенко, А.М. Паламар** 109  
КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА ДЛЯ МОНІТОРИНГУ  
МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НА ОСНОВІ ІОТ
20. **А.Я. Осадца, Є.В. Тиш** 110  
МЕТОДИ ТА КОМП'ЮТЕРИЗОВАНІ ЗАСОБИ РОЗРОБКИ БЛОКУ  
КЕРУВАННЯ ТА ІНДИКАЦІЇ ДВОДЗЕРКАЛЬНОЇ АНТЕНИ
21. **О.А. Пастух, В.І.Василишин, Х.М.Демида** 111  
АНАЛІЗ РІВНІВ ЗРІЛОСТІ ВИМОГ ПРИ РОЗРОБЦІ ПРОГРАМНОГО  
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
22. **О.А.Пастух, Х.М.Демида, В.І.Василишин** 112  
ХАРАКТЕРИСТИКИ ЯКОСТІ ДАНИХ ПРИ ФУНКЦІОНУВАННІ  
ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З БАЗАМИ ДАНИХ І ЗНАНЬ
23. **Т.В. Попко, Л.П. Яцишин, І.Р. Козбур, В.Р. Медвідь** 113  
ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ  
ПРИЙНЯТТЯ ОПТИМАЛЬНИХ РІШЕНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДІВ  
АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ
24. **Р. Ремез, Ю. Околіта, Р. Трембач** 115  
ВИКОРИСТАННЯ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ  
УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ ТОРГІВЕЛЬНОГО ЦЕНТРУ
25. **Д.В. Романов, Г.М. Осухівська, А.М. Паламар** 117  
СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ЗОВНІШНІМ ОСВІТЛЕННЯМ НА ОСНОВІ  
ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ
26. **В. І. Саламандра, В. А. Готович** 118  
ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ ДЛЯ  
СПРОЩЕННЯ АНІМАЦІЇ ПЕРСОНАЖІВ
27. **Ю. М.Сеньків** 119  
ЛЮДСТВО – МАЛА ЧАСТИНА ВЕЛИКОГО ПРОЦЕСУ
28. **І.І. Сех, М.Б. Герович, Л.В. Федисів, О.А. Пелешак** 121  
БАЗИ ДАНИХ АТАК ДЛЯ НАВЧАННЯ ТА ТЕСТУВАННЯ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ ВИЯВЛЕННЯ ВТОРГНЕНЬ
29. **А.В. Скренкович, І.В. Струтинська** 123  
ВЕБ АНАЛІТИКА – ЕФЕКТИВНИЙ ІНСТРУМЕНТ ЦИФРОВОЇ  
АДАПТАЦІЇ БІЗНЕСУ
30. **М. В.Солтис** 124  
ГНУЧКІ НАВИЧКИ ЯК ВАЖЛИВА ЧАСТИНА ІТ
31. **І.В. Струтинська, Р.П. Зозуля** 126  
РЕОРГАНІЗАЦІЯ НАЦІОНАЛЬНОЇ СИСТЕМИ СТАТИСТИКИ –  
ГАРМОНІЗАЦІЯ ЦИФРОВОГО РИНКУ УКРАЇНИ З РИНКАМИ ЄС

32. **Є.В. Тиш, В.В.Б. Кохан** 127  
ФОРМУВАННЯ СУСПІЛЬНОЇ ДУМКИ В СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖ НА ПРИКЛАДІ МЕРЕЖІ TWITTER
33. **Р. Грач, Ю. Баляс, Р. Трембач** 129  
ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ВІБРОКОНТРОЛЮ МЛИНА
34. **Г.І.Франчевська** 131  
ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ МЕТОДІВ ВИЯВЛЕННЯ СИГНАЛІВ ПЛОДУ НА ФОНІ МАТЕРІ ТА ШУМУ
35. **Г.П.Химич, В.В.Демчук** 133  
ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ НАЗЕМНОГО ТА СУПУТНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ ЗА ТЕХНОЛОГІСЮ 5G
36. **Г.П.Химич, І.Є.Яцюк** 135  
ВПРОВАДЖЕННЯ РОЗУМНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ІЗ ШТУЧНИМ ІНТЕЛЕКТОМ ДЛЯ КЕРУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИМ ТА ПІШХОДНИМ РУХОМ НА ВУЛ. РУСЬКА МІСТА ТЕРНОПОЛЯ
37. **О. К. Шкодзінський, М. М. Луцків, І-М. С. Смолій** 138  
РОЗВИТОК ЗАСОБІВ ВЕРИФІКАЦІЇ ОСОБИ ТА ЇЇ ДІЙ ПРИ КОНТРОЛІ ЗНАНЬ В УМОВАХ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ
38. **М.І. Шоцький, В.В. Федина, С.В. Марценко** 140  
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ КЕРУВАННЯ МЕРЕЖЕВИМИ ПРИСТРОЯМИ
39. **М.І. Шоцький, В.В. Федина** 141  
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОРГАНІЗАЦІЇ ЗОНОВОЇ БЕЗПЕКИ У КОМП'ЮТЕРНІЙ МЕРЕЖІ
40. **А. В. Юхименко, О. В. Чебанюк** 142  
МЕТОДИКА ПОПЕРЕДЖЕННЯ ВИТОКУ МОВНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ЧЕРЕЗ ГІРОСКОП У МОБІЛЬНИХ ПРИСТРОЯХ НА ОС ANDROID
41. **В.В. Яцишин, О.О.Щербаков, М.Р.Лова** 144  
АНАЛІЗ БАЗ ДАНИХ ЗОБРАЖЕНЬ У ГАЛУЗІ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ
42. **В.В.Яцишин, В.В.Шуптарський, Д.А.Цісарук** 145  
АЛГОРИТМИ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ СЕГМЕНТАЦІЇ КОРИСТУВАЧІВ У МАРКЕТИНГОВИХ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ
43. **В.В. Яцишин, Х.В. Яворська** 146  
АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВІЗУАЛЬНИХ МОВ ПРОГРАМУВАННЯ



# АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

## Збірник тез доповідей Том I

### X Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів 24-25 листопада 2021 року

Актуальні задачі сучасних технологій: зб. тез доповідей X міжнар. наук.-практ. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 24–25 листоп. 2021.) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін.]. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2021. Т. 1. – 155.

**ISBN 978-617-7875-25-2**

Підписано до друку 06.12.2021. Формат 60×90, 1/16.  
Друк лазерний. Папір офсетний. Гарнітура TimesNewRoman.  
Умовно–друк. арк. 9,6. Наклад – 10 прим.  
Замовлення № 06122021

\*\*\*\*\*

Друк ФОП Паляниця В. А.  
Свідоцтво ДК №4870 від 20.03.2015 р.  
м. Тернопіль, вул. Б. Хмельницького, 9а, оф.38.  
тел. (0352) 528–777.