

**MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE**  
**Ternopil Ivan Puluj National Technical Universtiy (Ukraine)**  
**The National Academy of Sciences of Ukraine**  
**Pierre and Marie Curie University (The French Republic)**  
**University of Maribor (The Republic of Slovenia)**  
**Technical University of Košice (The Republic of Poland)**  
**Vilnius Gediminas Technical University (Lithuania)**  
**Šiauliai State College (Lithuania)**  
**Ignacy Łukasiewicz Rzeszow University of Technology (The Republic of Poland)**  
**The Belarusian National Technical University (Republic of Belarus)**  
**International Academy Mohammed VI of Civil Aviation (Morocco)**  
**National University of Life and Environmental Sciences of Ukrainehas (Ukraine)**  
**T. Shevchenko Scientific Society**  
**Ternopil Regional Organization of the Ukrainian**  
**Union of Scientific and Technical Intelligentsia**

# **CURRENT ISSUES IN MODERN TECHNOLOGIES**

**Book**

of abstract

**Volume I**

**of the VI International scientific and technical  
conference of young researchers and students  
16th-17th of November 2017**



**UKRAINE  
TERNOPIL – 2017**

УДК 001  
A43

Actual problems of modern technologies : book of abstracts of the IV International scientific and technical conference of young researchers and students, (Ternopil, 16th-17th of November 2017.) / Ministry of Education and Science of Ukraine, Ternopil Ivan Puluj National Technical Universtiy [and other.]. – Ternopil : TNTU, 2017. – 226.

### **PROGRAM COMMITTEE**

**Chairman:** Yasniy P.V. – Dr., Prof., rector of TNTU (Ukraine).

**Co-Chairman:** Rohatynskiy R.M. – Dr., Prof. of TNTU (Ukraine).

**Scientific secretary:** Dzyura V.O. – Ph.D., Assoc. Prof., of TNTU (Ukraine)

Member of the program committee: Vyherer T. – Prof. of University of Maribor (The Republic of Slovenia); Fraissard J. – Prof. of Pierre and Marie Curie University (The French Republic); Prentkovskis O. – Prof of Vilnius Gediminas Technical University (Lithuania); Šedžiuvienė N. – director of Šiauliai State College (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); Loveikin V.S. – Dr., Prof. of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Ukraine); 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) 255798, fax (0352) 254983  
E-mail: volodymyrdzyura@gmail.com  
Editing, design, layout: Dzyura V.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.

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)  
Національна академія наук України  
Університет імені П'єра і Марії Кюрі (Франція)  
Маріборський університет (Словенія)  
Технічний університет у Кошице (Словаччина)  
Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (Литва)  
Шяуляйська державна колегія (Литва)  
Жешувський політехнічний університет ім. Лукасевича (Польща)  
Білоруський національний технічний університет (Республіка Білорусь)  
Міжнародний університет цивільної авіації (Марокко)  
Національний університет біоресурсів і природокористування України (Україна)  
Наукове товариство ім. Шевченка  
Тернопільська обласна організація українського союзу науково-технічної інтелігенції

# **АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Збірник**

**тез доповідей**

**Том I**

**VI Міжнародної науково-технічної  
конференції молодих учених та студентів**

**16-17 листопада 2017 року**



**УКРАЇНА  
ТЕРНОПІЛЬ – 2017**

УДК 001  
А43

Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 16–17 листоп. 2017.) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. – Тернопіль : ТНТУ, 2017. – 226.

## ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

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

**Заступник голови:** Рогатинський Роман Михайлович – д.т.н., проф. ТНТУ ім. І. Пулюя. (Україна)

**Вчений секретар:** Дзюра Володимир Олексійович – к.т.н., доц. ТНТУ ім. І. Пулюя. (Україна)

**Члени:** Вухерер Т. – професор факультету інженерної механіки Маріборського університету (Словенія); Фресард Ж. – професор університету П'єра і Марії Кюрі (Франція); Брезінова Ж. – професор кафедри матеріалознавства і металургії Технічного університету у Кошице (Словаччина); Прентковскіс О. – декан факультету Вільнюського технічного університету ім. Гедимінаса (Литва); Шяджювене Н. – директор Шяуляйської державної колегії (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); Меню А. – д.т.н., професор Міжнародного університету цивільної авіації (Марокко); Ловейкій В. – д.т.н., професор, завідувач кафедри конструювання машин національного університету біоресурсів і природокористування України; 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. (096) 2366752, факс (0352) 254983

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

Редагування, оформлення, верстка: Дзюра В.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

## **Секція: ФІЗИКО-ТЕХНІЧНІ ОСНОВИ РОЗВИТКУ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**УДК 546:544.344 (546.654+546.681+546.289+546.22)**

**Н. М. Блашко, І. Д. Олексеюк докт. хім. наук, проф., О. В. Марчук канд. хім. наук, доц.**

Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, Україна

### **СИСТЕМА $\text{La}_2\text{S}_3 - \text{Ga}_2\text{S}_3 - \text{GeS}_2$ ЗА ТЕМПЕРАТУРИ 770 К**

**N. M. Blashko, I. D. Olekseyuk Dr., Prof., O. V. Marchuk Ph.D., Assoc. Prof.  
THE  $\text{La}_2\text{S}_3 - \text{Ga}_2\text{S}_3 - \text{GeS}_2$  SYSTEM AT TEMPERATURE 770 K**

Інтерес до вивчення халькогенідних систем зумовлений систематичним пошуком перспективних матеріалів для інфрачервоної та нелінійної оптики. Встановлення фазових рівноваг у квазіпотрійній системі  $\text{La}_2\text{S}_3 - \text{Ga}_2\text{S}_3 - \text{GeS}_2$  є одним із етапів з'ясування природи хімічної взаємодії компонентів у системах  $\text{R}_2\text{X}_3 - \text{C}^{\text{III}}_2\text{X}_3 - \text{D}^{\text{IV}}\text{X}_2$  ( $\text{R} - \text{PЗМ}; \text{C}^{\text{III}} - \text{In, Ga}; \text{D}^{\text{IV}} - \text{Si, Ge, Sn}; \text{X} - \text{S, Se}$ ) і умов утворення та існування тетрарних сполук.

В роботі представлено результати дослідження фазових рівноваг у квазіпотрійній системі  $\text{La}_2\text{S}_3 - \text{Ga}_2\text{S}_3 - \text{GeS}_2$  за температури 770 К, що виконані з метою пошуку нових тетрарних фаз.

Для встановлення фазових рівноваг у квазіпотрійній системі  $\text{La}_2\text{S}_3 - \text{Ga}_2\text{S}_3 - \text{GeS}_2$  було синтезовано 41 сплав. Зразки отримували розтопленням високочистих елементів (вміст основного компонента не менше 99,99 ваг. %) у вакуумованих ( $10^{-2}$  Па) кварцевих контейнерах циліндричної форми. Синтез сплавів здійснювали в електричній муфельній печі з програмним управлінням технологічними процесами МП-30. Вихідну шихту з швидкістю 24 К/год нагрівали до температури 1370 К; за цієї температури її витримували протягом чотирьох годин. Синтезовані сплави охолоджували (12 К/год) до температури відпалу (770 К), який тривав 500 годин. Відпалені сплави загартовували у воду кімнатної температури.

Рентгенофазовий аналіз здійснювали за дифрактограмами, які були отримані на дифрактометрі ДРОН 4-13 ( $2\Theta = 10 - 80^\circ$ ;  $\text{CuK}\alpha$  – випромінювання, крок сканування –  $0.05^\circ$ , експозиція у кожній точці – 4 с). Обробку даних здійснювали за допомогою пакету програм WinCSD [1].

В обмежуваних бінарних системах за температури відпалу сплавів нами підтверджено існування п'яти тернарних сполук:  $\text{La}_3\text{Ga}_{1,67}\text{S}_6$  (ПГ  $P6_3$ , гексагональна сингонія),  $\text{LaGaS}_3$  (ПГ  $Pna2_1$ , ромбічна сингонія),  $\text{La}_3\text{Ge}_{1,25}\text{S}_7$  (ПГ  $P6_3$ , гексагональна сингонія),  $\text{LaGeS}_5$  (ПГ  $P2_1/c$ , моноклінна сингонія),  $\text{La}_4\text{Ge}_3\text{S}_{12}$  (ПГ  $R3c$ , тригональна сингонія).

У дослідженій квазіпотрійній системі при співвідношенні вихідних компонентів 1 : 1 : 1 підтверджено існування тетрарної сполуки  $\text{La}_2\text{Ga}_2\text{GeS}_8$  (ПГ  $Stc2_1$ , ромбічна сингонія).

На основі результатів фазового аналізу побудовано ізотермічний переріз квазіпотрійної системи  $\text{La}_2\text{S}_3 - \text{Ga}_2\text{S}_3 - \text{GeS}_2$  (рис. 1). За температури відпалу сплавів (770 К) встановлено існування дев'яти одно-, шістнадцяти дво- та восьми трифазних полів.

Тетрарна сполука  $\text{La}_2\text{Ga}_2\text{GeS}_8$  за температури 770 К перебуває у стані термодинамічної рівноваги із двома бінарними  $\text{GeS}_2$  і  $\text{Ga}_2\text{S}_3$  та п'ятьма тернарними  $\text{La}_3\text{Ga}_{1,67}\text{S}_6$ ,  $\text{LaGaS}_3$ ,  $\text{La}_3\text{Ge}_{1,25}\text{S}_7$ ,  $\text{LaGeS}_5$  і  $\text{La}_4\text{Ge}_3\text{S}_{12}$  сполуками. Сполуки  $\text{La}_3\text{Ga}_{1,67}\text{S}_6$  і  $\text{La}_3\text{Ge}_{1,25}\text{S}_7$  утворюють неперервний ряд твердих розчинів.

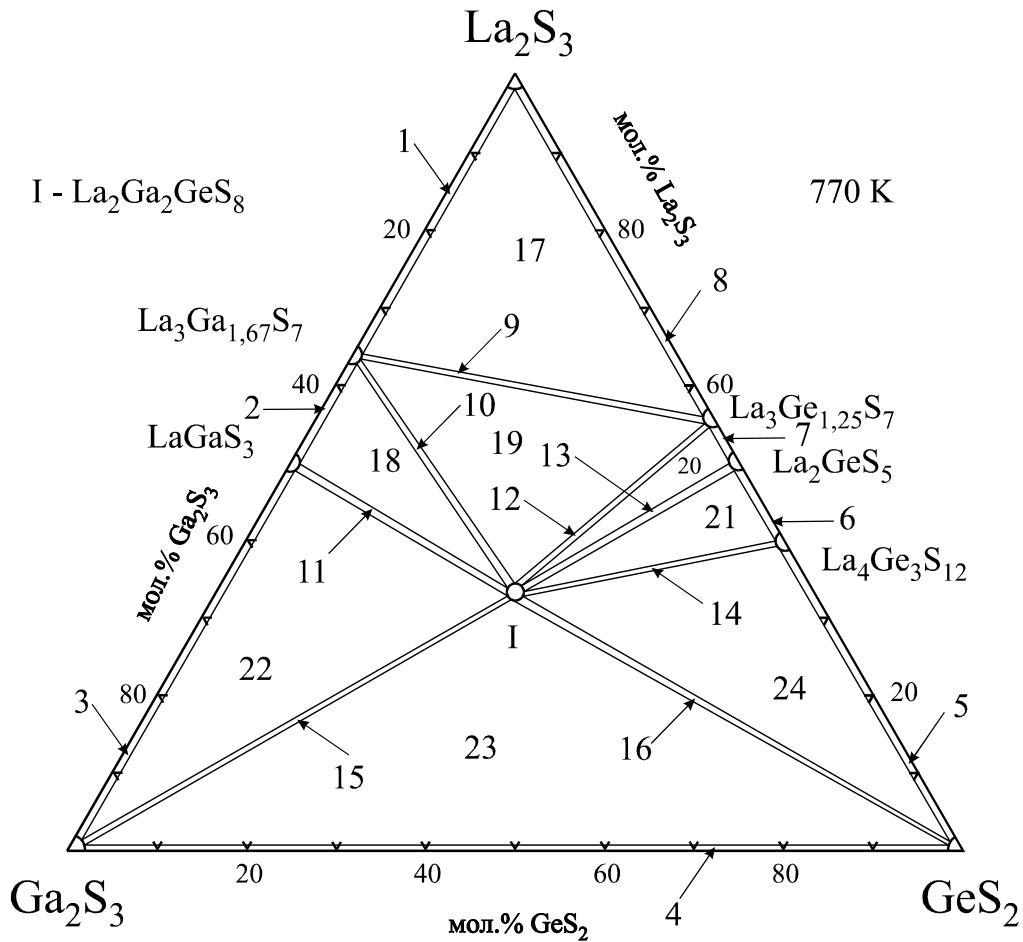


Рисунок 1. Ізотермічний переріз системи  $\text{La}_2\text{S}_3 - \text{Ga}_2\text{S}_3 - \text{GeS}_2$ : 1 –  $\text{La}_2\text{S}_3 + \text{La}_3\text{Ga}_{1,67}\text{S}_7$ ; 2 –  $\text{La}_3\text{Ga}_{1,67}\text{S}_7 + \text{LaGaS}_3$ ; 3 –  $\text{Ga}_2\text{S}_3 + \text{LaGaS}_3$ ; 4 –  $\text{Ga}_2\text{S}_3 + \text{GeS}_2$ ; 5 –  $\text{GeS}_2 + \text{La}_4\text{Ge}_3\text{S}_{12}$ ; 6 –  $\text{La}_2\text{GeS}_5 + \text{La}_4\text{Ge}_3\text{S}_{12}$ ; 7 –  $\text{La}_3\text{Ge}_{1,25}\text{S}_7 + \text{La}_2\text{GeS}_5$ ; 8 –  $\text{La}_2\text{S}_3 + \text{La}_3\text{Ge}_{1,25}\text{S}_7$ ; 9 –  $\text{La}_3\text{Ga}_{1,67}\text{S}_7 + \text{La}_3\text{Ge}_{1,25}\text{S}_7$ ; 10 –  $\text{La}_3\text{Ga}_{1,67}\text{S}_7 + \text{La}_2\text{Ga}_2\text{GeS}_8$ ; 11 –  $\text{LaGaS}_3 + \text{La}_2\text{Ga}_2\text{GeS}_8$ ; 12 –  $\text{La}_3\text{Ge}_{1,25}\text{S}_7 + \text{La}_2\text{Ga}_2\text{GeS}_8$ ; 13 –  $\text{La}_2\text{GeS}_5 + \text{La}_2\text{Ga}_2\text{GeS}_8$ ; 14 –  $\text{La}_4\text{Ge}_3\text{S}_{12} + \text{La}_2\text{Ga}_2\text{GeS}_8$ ; 15 –  $\text{Ga}_2\text{S}_3 + \text{La}_2\text{Ga}_2\text{GeS}_8$ ; 16 –  $\text{GeS}_2 + \text{La}_2\text{Ga}_2\text{GeS}_8$ ; 17 –  $\text{La}_2\text{S}_3 + \text{La}_3\text{Ga}_{1,67}\text{S}_7 + \text{La}_3\text{Ge}_{1,25}\text{S}_7$ ; 18 –  $\text{La}_3\text{Ga}_{1,67}\text{S}_7 + \text{LaGaS}_3 + \text{La}_2\text{Ga}_2\text{GeS}_8$ ; 19 –  $\text{La}_3\text{Ga}_{1,67}\text{S}_7 + \text{La}_3\text{Ge}_{1,25}\text{S}_7 + \text{La}_2\text{Ga}_2\text{GeS}_8$ ; 20 –  $\text{La}_3\text{Ge}_{1,25}\text{S}_7 + \text{La}_2\text{GeS}_5 + \text{La}_2\text{Ga}_2\text{GeS}_8$ ; 21 –  $\text{La}_2\text{GeS}_5 + \text{La}_4\text{Ge}_3\text{S}_{12} + \text{La}_2\text{Ga}_2\text{GeS}_8$ ; 22 –  $\text{Ga}_2\text{S}_3 + \text{LaGaS}_3 + \text{La}_2\text{Ga}_2\text{GeS}_8$ ; 23 –  $\text{Ga}_2\text{S}_3 + \text{GeS}_2 + \text{La}_2\text{Ga}_2\text{GeS}_8$ .

### Література

1. CSD-Universal program package for single crystal and powder structure data treatment / L. G. Aksel'rud, Yu.N. Grin', P.Yu. Zavalii and others // Collected Abstracts 12<sup>th</sup> European Crystallogr. Meet., Moscow, USSR, 20–28 August, – 1989. – Vol. 3. – P.155.

УДК 631.342

**О.Г. Івашко, О.Л. Романовський, канд. техн. наук проф., О.В. Макарчук, канд. техн. наук, доц.**

Технічний коледж Національного університету водного господарства та природокористування, Україна.

## **ЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА ЗРУБУВАННЯ РОСЛИННОСТІ**

**O.G. Ivashko, O.L. Romanovsky, Ph.D., Prof., O.V. Makarchuk, Ph.D., Assoc. Prof.  
ENERGYASSESSMENTOFVEGETATIONABANDONMENT**

Зрізання і видалення дерево-чагарникової рослинності являється актуальною проблемою для багатьох галузей народного господарства України.

Існують різні способи видалення дерево-чагарникової рослинності: механічний з використанням моторного і ручного інструмента (бензопил, сокир); механічний з використанням різних машин і механізмів; хімічний з використанням спеціальних препаратів (гербіцидів, арборицидів і ін.), але найбільш перспективним серед них є саме механічний спосіб з використанням різних машин і механізмів[1].

Аналіз існуючих кушорізних машин показав, що найбільш перспективними з них є машини з активними робочими органами роторного типу, які працюють за принципом опорного безстружкового різання. Їх використання забезпечує 100% зведення рослин без порушення родючого шару ґрунту при мінімальній металомісткості[3].

З метою мінімізації енергетичних витрат виконані дослідження процесу рубки рослин дерево-чагарникового типу, які виконувались на маятниковому копрі з використанням ножів трьох типів – прямого, косоного з кутом установки  $45^{\circ}$  і ніж виконаний з різальною кромкою по радіусу (рис. 1). Товщина, довжина і кут загострення останніх однакові. Так як у формуванні дерево-чагарникової рослинності основну роль грають листяні породи [1, 2], такі як верба, береза, осика, вільха і калина діаметром до 3 см, тому досліді проводились на вербі діаметр якої не перевищував 3 см.

Дослідженнями встановлено, що найменшу енергію рубки забезпечують ножі з робочою кромкою, що виконана по радіусу з кутом загострення  $15-25^{\circ}$ . Встановлена залежність питомої енергії зрубу від кута нахилу рубильного елемента до площини зрубу (рис. 3). Звідки видно, що для різної форми ножів оптимальний кут встановлення ножа від нормалі до площини зрубу коливається в межах  $25-35^{\circ}$  (рис. 2).



Рисунок 1. Експериментальні ножі: 1) косий ніж з кутом установки  $45^{\circ}$ ; 2) прямий ніж; 3) ніж виконаний з різальною кромкою по радіусу

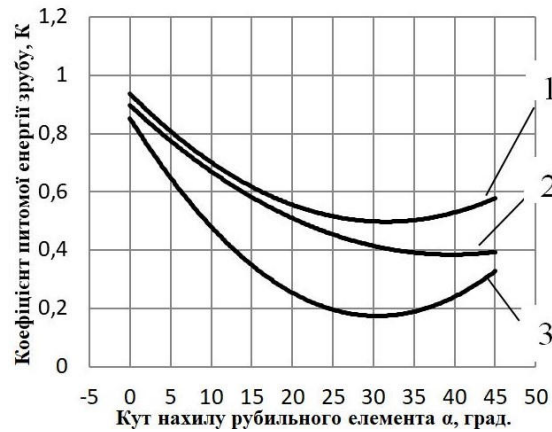


Рисунок 2. Схема зрізу

Рисунок 3. Залежність коефіцієнта питомої енергії зрубу від кута нахилу рубильного елемента: 1) прямий ніж; 2) косий ніж з кутом установки  $45^\circ$ ; 3) ніж виконаний з різальною кромкою по радіусу.

Залежність повної роботи відтинання від кута нахилу рубильного елемента показана на рис. 3.

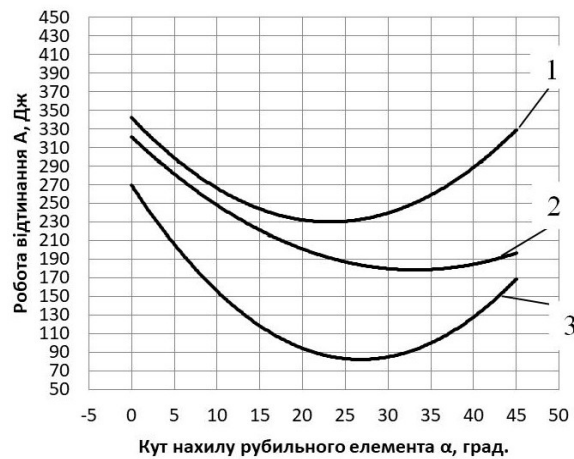


Рисунок 4. Залежність роботи відтинання від нахилу рубильного елемента:

- 1) для прямого ножа;
- 2) для косого ножа з кутом установки  $45^\circ$ ;
- 3) для ножа виконаного з різальною кромкою по радіусу.

Наведені результати досліджень можуть бути використані для створення ефективного робочого обладнання кушорізів роторного типу для зведення деревочагарникової рослинності.

### **Література**

1. Ивашнев М. В. Обоснование технических решений повышающих эффективность срезания древесно-кустарниковой растительности машиной роторного типа: Автореф. дис. канд. техн. наук. – Петрозаводск, 2009. – 20с.
2. Шаршунов В. А., Мажугин Е. И., Рубец С. Г. Обоснование геометрических параметров режущей кромки ножа роторной косилки, используемой на мелиоративных объектах / Вестник Національної академії наук Білорусі. – 2011. - №3.
3. Ф. К. Абдразаков, В. Н. Мараев Разработка новой техники для очистки каналов от древесно-кустарниковой растительности / Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н. И. Вавилова. – 2006. - №3.



УДК 621.187.12

**В.І. Гаращенко, канд. техн. наук, доц., О.В. Гаращенко, канд. техн. наук.,  
А.Ю. Масний**

Національний університет водного господарства та природокористування, Україна

## **МАГНІТНІ ВЛАСТИВОСТІ КУЛЬКОПОДІБНИХ ЗАЛІЗОХРОМІСТИХ ФІЛЬТРУЮЧИХ МАТРИЦЬ**

**V.I. Garashchenko, Ph.D, Assoc. Prof., O.V. Garashchenko, Ph.D., A.Y. Masnyi  
MAGNETIC PROPERTIES OF SPHERICAL IRON-CHROMIUM FILTERING  
MATRIXES**

Актуальним питанням в технології магнітної очистки є розробка гранульованої феромагнітної фільтруючої матриці з такими магнітними і антикорозійними властивостями, які б забезпечували необхідний рівень очистки як висококонцентрованих, так і малоконцентрованих рідких, газових і сипучих технологічних середовищ від феро-місних домішок.

Відомо, що для підвищення антикорозійних властивостей в спеціальні сталі додають хром, нікель, алюміній. Але при цьому зменшуються магнітні властивості сталей. Наприклад, вміст нікеля 30% в сталі суттєво підвищує антикорозійні властивості, але зменшує індукцію насичення цієї сталі в 30-35разів, вміст хрому 13% і більше, також суттєво підвищує антикорозійні властивості сталі, але водночас зменшує магнітні властивості. Особливістю є те, що гранульована кулькоподібна феромагнітна фільтр-матриця, що використовується в магнітних фільтрах, повинна мати одночасно високі як магнітні, так і антикорозійні властивості і ефективно регенеруватись.

На основі аналізу магнітних, антикорозійних, механічних властивостей легованих сталей і спеціальних сплавів було запропоновано хімічний склад сплавів, феромагнітні гранульовані матриці з яких могли б мати магнітні і антикорозійні властивості, що забезпечували б необхідний рівень магнітної очистки водних, газоподібних та сипучих середовищ. Для оцінки антикорозійних властивостей були вибрані чотири гранульовані матриці: А - кульки з сталі ШХ-15; Б - гранули з сплаву №1; В - гранули з сплаву №3; Г - гранули з сплаву №44. Вміст хімічних елементів у гранулах зі сталі ШХ-15 і сплавів №А,Б,В,Г, наведений у табл. 1.

Вміст хімічних елементів в гранулах матриць з сталі ШХ-15 і з спеціальних сплавів.

	C	S	P	Si	Cr	Mn	Ni
ШХ-15 (А)	0,95 - 1,05	S<0,02	P<0,027	0,17 - 0,37	1,30 – 1,65	0,20 – 0,40	Ni<0,03
Сплав Б							
Середнє значення	0,083	0,03	0,035	4,16	8,49	0,57	
Сплав В							
Середнє значення	0,066	0,0275	0,0325	4,04	17,74	0,47	0,2
Сплав Г							
Середнє значення	0,085	0,02	0,01	2,11	24,16	0,255	

Дослідження магнітних властивостей фільтр-матриць проводили за відомою методикою. Для характеристики магнітних властивостей гранульованих матриць запропоновано користуватися не щільністю фільтр-матриць  $\Sigma$  в певному об'ємі, а величиною масової щільності -  $\Sigma \cdot \rho$ , де  $\rho$  - густина сплаву гранул матриці. У випадку викори-

стання кульок ШХ-15, густина сталі є практично сталою величиною і складає  $7,8\text{г/см}^3$ , незалежно від діаметру кульок. Якщо густина змінюється, то ця зміна позначається на рівні сотих, тисячних одиниць вимірювання, наприклад,  $(7,81; 7,82)\text{г/см}^3$ .

У випадку використання кулькоподібних гранул матриці з сплаву, наприклад Б, крива намагнічування 2 (рис.2) побудована для гранул, густина сплаву в яких  $\rho = 7,39\text{г/см}^3$ , а крива 6 (рис.2) для гранул, в яких  $\rho = 5,13\text{г/см}^3$ . Тому більш об'єктивним параметром при вивченні магнітних властивостей гранульованих кулькоподібних матриць є параметр масової щільності ( $\text{Щ} \cdot \rho$ ).

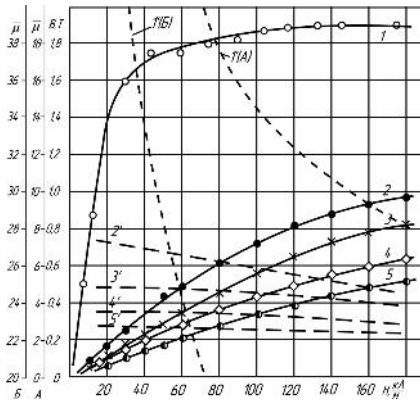


Рис.1 Криві намагнічування суцільного зразка з сталі ШХ-15 і гранульованої матриці з кульок ШХ-15 при різних масовій щільності  $\text{Щ} \cdot \rho$ . 1-суцільний зразок; 2-  $\rho \cdot \rho = 4,5$ ; 3 -  $3,9$ ; 4 -  $3,12$ ; 5 -  $2,34$ ;

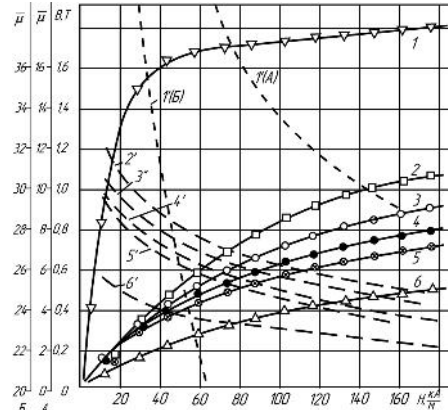


Рис.2 Криві намагнічування суцільного зразка і гранульованої матриці з сплаву А при різних масовій щільності  $\text{Щ} \cdot \rho$ . 1-суцільний зразок; 2- $\rho \cdot \rho = 4,5$ ; 3-  $4,02$ ; 4-  $3,38$ ; 5-  $3,2$ ; 6-  $1,9$ ;

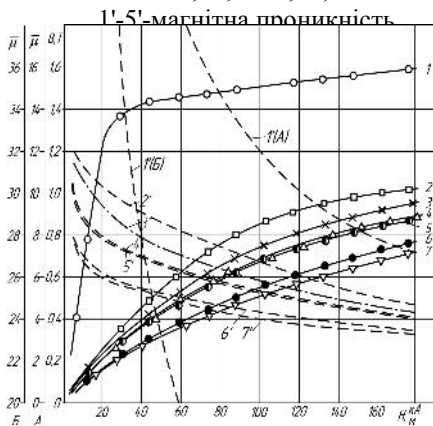


Рисунок 3 Криві намагнічування суцільного зразка і гранульованої матриці з сплаву В при різних масовій щільності  $\text{Щ} \cdot \rho$ . 1-суцільний зразок; 2- $\rho \cdot \rho = 4,58$ ; 3-  $4,31$ ; 4-  $4,0$ ; 5-  $3,8$ ; 6-  $3,33$ ; 7-  $2,86$ ; 1'-5'-магнітна проникність.

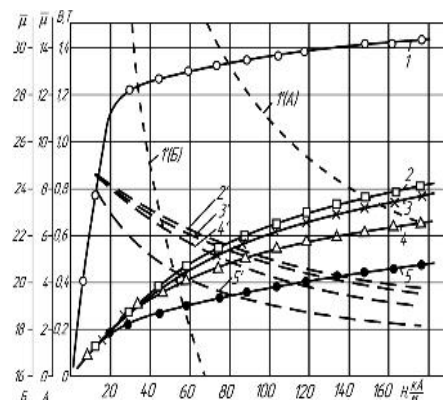


Рисунок 4 Криві намагнічування суцільного зразка і гранульованої матриці з сплаву Г при різних масовій щільності  $\text{Щ} \cdot \rho$ . 1-суцільний зразок; 2- $\rho \cdot \rho = 4,42$ ; 3-  $4,07$ ; 4-  $3,35$ ; 5-  $2,29$ ; 1'-5'-магнітна проникність.

УДК 628.34, 628.337

О.А. Пророк, М.В. Яцков, канд. техн. наук, ст.н.сп., Н.М. Корчик, канд. техн. наук, доц.

Національний університет водного господарства та природокористування, Україна

## ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ВИСОКОКОНЦЕНТРОВАНИХ СУСПЕНЗІЙ ГАЛЬВАНІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ У ФОРМІ РЕАГЕНТНИХ ШЛАМІВ

О.А. Prorok, M.V. Yatskov, Ph.D., N. M. Korchik, Ph.D., Assoc. Prof.

### PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF HIGH-CONCENTRATED SUSPENSIONS FROM GALVANIC MANUFACTURES IN THE REAGENT SLIMS FORM

В даний час достатньо обґрунтовано доцільність очищення стічних вод (СВ) гальванічного виробництва (ГВ) реагентним методом за окремими потоками, в результаті чого утворюються висококонцентровані відходи, - реагентні шлами, що переважно представлені у вигляді суспензій, які являють собою осади нерозчинних гідроксидів металів після реагентної обробки.[1, 2]

Гальванічні металовмісні шлами характеризується складністю і нестабільністю складу. Тому, на практиці, як правило, шлами не піддають обробці з метою утилізації, а просто скидаються на полігони відходів, в тому числі міські звалища побутових відходів, де продовжують забруднювати навколишнє середовище, при цьому деякі сполуки даних важких металів під дією зовнішніх фізичних і хімічних факторів переходять у розчинні форми і проникають у ґрунти та дренажні води. [3]

Певний практичний інтерес представляє можливість добування осадів, які підлягають обробці з метою подальшого виробництва певного типу продукції.

Тому задачею дослідження було складання матеріального балансу процесу очищення стічних вод гальванічного виробництва із отриманням кондиційних шламів.

Визначення концентрацій висококонцентрованих розчинів і суспензій проводилися за загальними методиками вимірювання (КНД і МВВ).[4]

В даних дослідженнях розглядалися шлами, які утворюються при очистці лужних купрум - травильних розчинів відйонів купруму – при співосажденні із йонами феруму, та, як порівняння, очищення за способом АС СССР № 1740376, який передбачає осаждення йонів купруму без співосаждення з йонами феруму. На основі проведеного аналітичного контролю за основними компонентами складено матеріальний баланс цього процесу (таблиця 1), схема обробки якого представлена на рис 1. На підставі проведених досліджень якісного і кількісного складу розчинів складено матеріальний баланс за компонентами в системі, згідно якого, розчин від операцій травлення належить до концентрованих, отримані осади (суспензії) – до висококонцентрованих, розчин над осадом і фільтрат – донизькоконцентрованих.

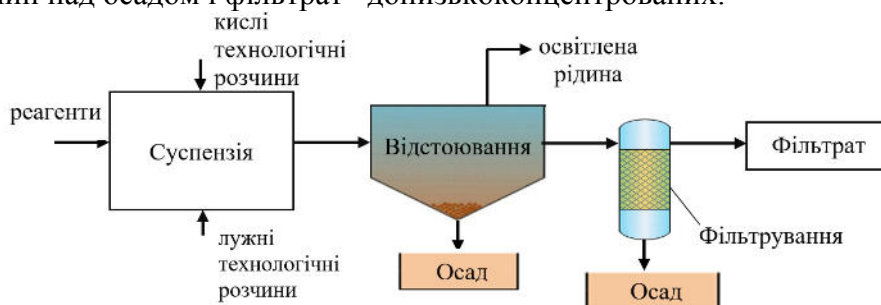


Рисунок 1. Схема обробки стічних вод

Таблиця 1

Матеріальний баланс та хімічний склад концентрованих купрум – аміачних та купрум – ферумвмісних технологічних розчинів і продуктів їх обробки

Вид суспензії	Речовини		C, г/дм <sup>3</sup>		Cv, моль/дм <sup>3</sup>	
	Cu	Cu-Fe	Cu	Cu-Fe	Cu	Cu-Fe
Вихідний розчин (Кислий)	CuCl <sub>2</sub>		64,5		1,134	
	NH <sub>3</sub> (NH <sub>4</sub> OH)		75,8		2,166	
	HCl		63,2		1,732	
Вихідний розчин (Лужний)	NH <sub>4</sub> Cl		32,55		0,62	
	CuNH <sub>4</sub> (OH) <sub>3</sub>		39,75		0,3	
	NH <sub>4</sub> OH		1,4		0,04	
Усереднений (при змішуванні)	CuCl <sub>2</sub>	FeCl <sub>3</sub>	90,1	108	0,67	0,65
	NH <sub>4</sub> Cl	FeCl <sub>2</sub>	40,42	171,45	0,77	1,35
	NH <sub>4</sub> OH	CuCl <sub>2</sub>	25,9	134,5	0,74	1,457
Освітлена рідина	CuCl <sub>2</sub>	FeCl <sub>2</sub>	47,6	0,00381	0,3543	0,00003
	NH <sub>4</sub> Cl	CuCl <sub>2</sub>	68,8	0,0538	1,2914	0,0004
	NH <sub>4</sub> OH	NaCl	10,8	65,52	0,3086	1,12
Фільтрат	CuCl <sub>2</sub>	FeCl <sub>2</sub>	29	0,12638	0,2158	0,00089
	NH <sub>4</sub> Cl	CuCl <sub>2</sub>	74	0,1883	1,3834	0,0014
	HCl	NaCl	1,6425	87,75	0,045	1,5
	H <sub>2</sub> O	NaOH	943,56	18	52,42	0,45
Осад	Cu <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup> /Fe <sup>3+</sup>	-	-	0,7	2,6
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	-	-	0,725	1,9
	NH <sub>4</sub> OH	NaCl	-	-	0,7625	0,7

1) При дослідженні мідно-аміачних осадів, отриманих шляхом обробки купрумвмісних технологічних суспензій, при потужності вакуум - фільтра 3кг/м<sup>3</sup>год, товщина осаду 2 мм, вологість 89,7%, густина 1,09 кг/дм<sup>3</sup>, питомий опір 45-65 \* 10<sup>11</sup> м/кг. Таким чином осад, що утворюється при знешкодженні купрум-аміачних технологічних розчинів, за своїми властивостями належить до класу важкофільтрованих.

2) При дослідженні купрум-ферумних осадів, отриманих співосадженням купрум і ферумвмісних технологічних суспензій, при потужності вакуум - фільтра 3 кг/м<sup>3</sup>год, – товщина осаду 3,3 мм, вологість 92%, густина 1,17кг/дм<sup>3</sup>, питомий опір осаду 15-16 \* 10<sup>11</sup> м/кг, осад легко фільтрується і відділяє зайву воду (освітлену рідину) при відстоюванні, таким чином відноситься до легкофільтрованих.

висококонцентровані суспензії, отримані при реагентній очистці стічних вод гальванічного виробництва при співосадженні із солями феруму забезпечують умови добування кондиційних осадів, які придатні для подальшого перевезення і переробки.

#### Література

1. Корчик Н.М. Очистка и регенерация сточных вод гальванического производства [Текст] / Н.М. Корчик, С.В. Белікова // Екологія плюс. Науково-виробничий журнал. — 2012. — № 6 (33) — С.10 — 13.

2. Нестер А.А. Стічні води підприємств та їх очищення [Текст] / А.А. Нестер, Н.М. Корчик, Б.А. Баран. — Хмельницьк: ХНУ. — 2008. — 171 с.

3. Plyatsuk, L. and Melnik, A. (2008), “Analysis of electroplating wastewater treatment in Ukraine”, Transactions of Sumy State University, no.2, pp. 116120

4. Федущак Н.К. Аналітична хімія [Текст] / Н.К. Федущак, Ю.Д. Бідниченко, С.Ю. Крамаренко // Вінниця: Нова книга, 2012. — с.477.

5. Запольський А.К. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод: підруч / А.К. Запольський. — К. : Вища школа, 2005. — 671 с.

**УДК 504.054**

**С.М. Шкрильова, В.К. Костенко, докт. техн. наук, проф.**  
Донецький національний технічний університет, Україна

## **ОДЕРЖАННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ АНТРАЦИТОЗАМІНЮЮЧОГО ВУГІЛЬНОГО ПАЛИВА В УКРАЇНІ**

**S.M. Shkrylova, V.K. Kostenko, Dr. Prof.**

### **PRODUCING AND APPLYING OF ANTHRACITE-SUBSTITUTED ALTERNATIVE COAL FUEL IN UKRAINE**

В Україні працюють чотирнадцять ТЕС. Половина з них використовує в якості палива вугілля газової групи (марки «ДГ» і «Г»), а половина - антрацитової (марки «Т» і «А»). Для нормальної роботи генерації країні необхідно приблизно по 1,6 млн. тонн вугілля обох груп за місяць.

Антрацитові марки вугілля в Україні видобувають виключно на окупованій частині Луганської області. Як наслідок, почалися суперечки про необхідність модернізації енергоблоків теплових електростанцій з метою уникнення поставок антрациту.

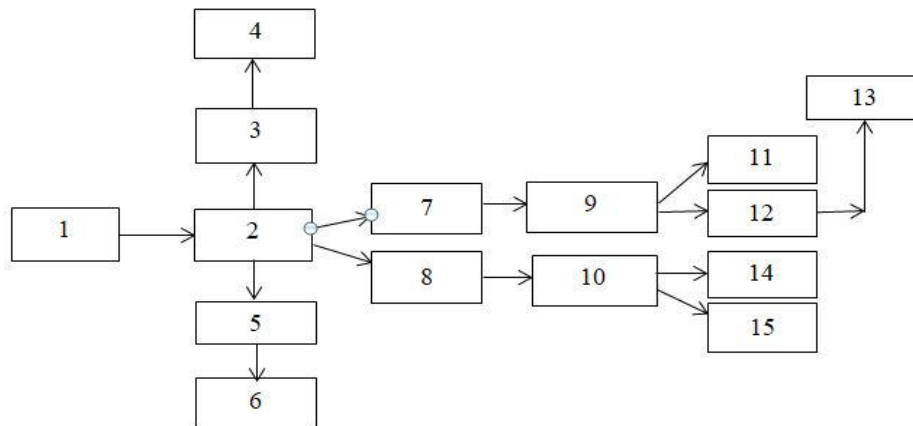
Обґрунтування схеми виготовлення антрацитозамінюючого (АЗП) безпечного твердого палива з одночасним покращенням екологічно і енергетичних показників технологічних процесів.

Одним з напрямків, який має самостійне значення є виробництво з слабометаморфізованих марок рядового вугілля бездимного палива. Проблема зменшення шкідливого впливу димових газів, особливо гостро стоїть в великих містах та промислових центрах, ще в середині ХХ ст. стала однією з причин організації в багатьох країнах виробництва окускованого твердого бездимного палива для використання як в побутових, так і в промислових цілях [3].

Донецький національний технічний університет пропонує технологію виготовлення антрацитозамінюючого палива (АЗП) з слабометаморфізованих «молодих» видів вугілля таких як газове та довгополум'яне, яких достатньо видобувають в підконтрольних Україні копальнях. В основу технології покладено метод термолізу вугілля до стану напівкоксу або середньотемпературного коксу. Реалізація такого процесу можлива на існуючих в державі коксохімічних підприємствах, які на даний час і в перспективі не завантажені, або на спеціально створених газифікаційних установках. Гази можна спалювати в невибагливих до якості пального газових турбінах, отримуючи тепловий та механічний види енергії, останню доцільно перетворювати в електричну. Також коксові газы та рідкі речовини є цінним продуктом для синтезування рідкого палива. Сірковмісні хімічні речовини також є сировиною для виготовлення різних продуктів, крім того, відокремлення сірки значно покращує екологічні показники газоподібного та твердого пального (Рис. 1).

В топках парових котлів твердий напівкокс, що має розвинуту реакційну поверхню та високий вміст вуглецю, згорає з високою швидкістю і відповідно, теплотворністю. По останньому показнику його можна зіставляти з антрацитом, а частіше напівкокс може перевершувати показники антрациту. Важливою якістю напівкоксу є суттєве зниження такого показника як фізичний недопал. Горіння часток антрациту, який має вдвічі більшу від напівкоксу густину протікає значно повільніше, тому значна частина такого пального не встигає згоріти в топці котлу, що знижає ККД останнього. Завдяки високій швидкості згорання пористої речовини АЗП практично

відсутнє паливо, яке не прореагувало, та суттєво зменшується витрата викопних ресурсів що не відновлюються [4].



1 – шахта; 2 – КХЗ; 3 – продукти S; 4 – вловлювання SO<sub>2</sub>; 5 – смоли; 6 – карбамідоформальдегідні смоли; 7 – коксові газу; 8 – тверде паливо; 9 – турбіна; 10 – ТЕС; 11 – тепла енергія; 12 – механічна енергія; 13,15 – електрична енергія; 14 – тепло.

Рисунок 1. Схема переробки слабометаморфізованого (енергетичного) вугілля в антрацитозамішуюче та газове паливо

Ефект від розробки та впровадження запропонованої технології має кілька сторін.

- Насамперед використання АЗП дозволяє уникнути витрат мільярдів гривень на переобладнання котлів на ТЕС під використання інших видів вугілля.
- Відкривається можливість суттєво скоротити імпорт антрациту;
- Екологічний ефект - зменшення викидів парникових газів: - CO<sub>2</sub> та CO за рахунок зменшення недопалу пального та високої теплотворної властивості АПЗ;
- зменшення SO<sub>2</sub> та H<sub>2</sub>S за рахунок сіркоочищення.

### **Література**

1. Рациональное использование надр – путь до решения экологических и социально-экономических проблем угледобывной отрасли/ О.А. Минаев, А.В. Анциферов, В.К. Костенко // Проблемы экологии. Загальнодержавний науково-технічний журнал. 2007. №1-2. – С. 3-7.

2. Шляхи удосконалення еколого-економічної діяльності підприємств/ В.К. Костенко, С.С.Гребенкин, В.Н Павлиш, Г.В. Астапова та ін. Монографія під загал. ред. Костенка В.К., Гребенкіна С.С.// Донецьк. «ВІК», 2009.223 с.

3. Костенко В.К. / // Екологічні проблеми паливно-енергетичного комплексу України//Збіник праць VII-ї міжнар. наук-практ. конф «Экол. проблемы индустр. мегаполисов»- Донецьк-Авдіївка. 2010 -С.11-14

## **Секція: НОВІ МАТЕРІАЛИ, МІЦНІСТЬ І ДОВГОВІЧНІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ**

УДК 624.014.078.45

**М.А. Басара**

Тернопільський національний технічний університет ім.Івана Пулюя, Україна

### **ДЕФОРМУВАННЯ НИЖНЬОГО ПОЯСУ ПРЯМОКУТНОЇ ЗВАРНОЇ ФЕРМИ**

**М.А. Basara**

#### **DEFORMATION OF BOTTOM CHORD OF RECTANGULAR WELDED TRUSS**

З використанням програмного комплексу Ansys Workbench 17.1 виконано комп'ютерний моделюючий експеримент поведінки зварної підкрोकвяної ферми (рис.1) при дії зосередженого статичного навантаження на середину верхнього поясу. Така схема навантаження передбачена експлуатаційними умовами конструкції. Елементи ферми виконано з профільних труб 100x100x6 мм для поясів і 80x80x4 для розкосів. Вузли ферми виконано без застосування фасонки. Матеріал – сталь ВСт3 пс. Зварювання електродугове напівавтоматичне в середовищі CO<sub>2</sub>. Катет шва 5 мм.

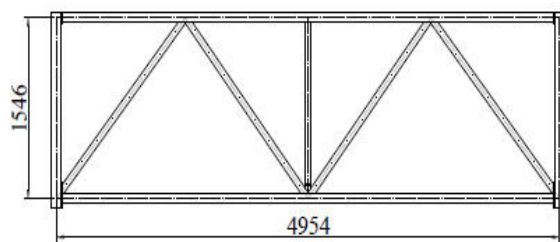


Рисунок 1. Зварна підкрोकвяна ферма

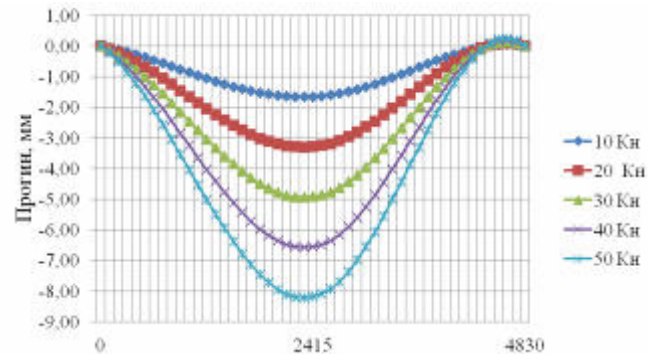


Рисунок 2. Діаграма прогинів нижнього поясу ферми

В процесі моделювання прийнято зовнішнє навантаження на ферму від 10 до 50 кН. За результатами комп'ютерного моделюючого експерименту отримано інформацію про величину прогину нижнього поясу ферми як в чисельному, так і графічному вигляді. При навантаженні 50 кН в нижньому поясі ферми виникають напруження на межі текучості матеріалу. Діаграму прогину нижнього поясу ферми подано на рис. 2.

За отриманою діаграмою прогинів (рис. 2) можна зробити висновок, що проектне навантаження на ферму, яке становить 20 кН, є допустимим і не формує в конструкції напружень на рівні граничного стану.

Використана методика комп'ютерного моделюючого експерименту та отримані результати можуть бути застосовані для проектування та перевірочних розрахунків зварних ферм, виходячи з їх конструктивних параметрів, технологічних особливостей виготовлення, проектного навантаження, схеми його прикладання та інших факторів впливу.

#### **Література**

1. Лобанов Л.М. Сварные строительные конструкции / Лобанов Л.М., Махненко В.И., Труфяков В.И. – К.: Наук. Думка, 2005 – 416 с.

2. Ковальчук Я. О. Моделювання напружено-деформованого стану нижнього пояса будівельної зварної ферми / Я. О. Ковальчук, Н. Я. Шингера, О.І.Рибачок // Вісник ТНТУ ім. Івана Пулюя. – 2014. № 2– С. 34 – 39.

УДК 621.326

**В.М. Бирда, М.Ф. Примачик, В.В. Петрик, П.І. Таращук, А.В. Матвійів**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ПОКРАЩЕННЯ ЗВАРЮВАНОСТІ ЛЕГОВАНИХ СТАЛЕЙ, ЩО ЗАГАРТОВУЮТЬСЯ**

**V.M. Byrda, M.F. Prymachyk, V.V. Petryk, P.I. Tarashuk, A.V. Matvijiv**  
**IMPROVEMENT OF WELDING STEELED STEELS**

Основною проблемою при зварюванні легованих сталей з підвищеним вмістом хромом, що загартовуються, є їх схильність до утворення холодних тріщин, з чим пов'язане значне ускладнення технології зварювання. В ряді випадків зварні з'єднання цих сталей мають низькі експлуатаційні властивості навіть у термообробленому стані. Головну відповідальність за низьку технологічність сталей несе вуглець, який окрихлює мартенсит. Значний вплив на технологічні та експлуатаційні властивості високохромистих сталей, що загартовуються, має також їх фазовий склад. Зокрема, присутність залишкового аустеніту підвищує стійкість металу зварних з'єднань проти утворення холодних тріщин. Повна відсутність  $\delta$  – фериту може призвести до утворення гарячих тріщин при зварюваності, а наявність його в значній кількості – до зниження експлуатаційних властивостей. З огляду на це, основним способом покращення зварюваності даних сталей є зниження вмісту в них вуглецю та шкідливих домішок, а також формування оптимального фазового складу металу зварних з'єднань.

Суттєвого покращення зварюваності високохромистих сталей, що загартовуються, можна досягти знизивши вміст вуглецю в них до 0,03...0,05%. Застосовуючи попередній та супутний підігрів, їх можна успішно зварювати навіть при значних товщинах деталей. Найбільш суттєвого покращення в'язкості даних сталей можна досягти зниженням вмісту вуглецю до 0,01% і нижче. Це, так звані, безвуглецеві сталі, які практично не реагують на термічний цикл зварювання і можуть експлуатуватися без термічного оброблення зварних з'єднань. Однак мала кількість або відсутність вуглецю потребує долегування сталей аустеніто утворюючими елементами для збалансування їх фазового складу. Найчастіше з цією метою використовують нікель.

При вмісті хрому 12-14% досягти мартенситної структури у безвуглецевих сталях можна легуванням нікелем в кількості 2-5%. Прикладом можуть служити марки сталей, що застосовуються в енергетичному машинобудуванні – 06X12H3Д, 03X14H5МФ, 01X14H5МФ-ВН. Для цих сталей  $\sigma_b$  має значення 850, 900, 800 МПа відповідно, ударна в'язкість KCV – 2,1; 1,8; 3,1 Мдж/см<sup>2</sup> відповідно. При дії термічного циклу зварювальна в'язкість маловуглецевих сталей дещо знижується, а безвуглецевої (01X14H5МФ-ВН) залишається на дуже високому рівні, тобто ця сталь практично не реагує на термічний цикл зварювання. Для покращення властивостей металу зони термічного впливу маловуглецевих сталей застосовують їх термічне оброблення – високий відпуск при температурі дещо нижче критичної  $A_{c1}$ . Такий відпуск дозволяє знизити рівень напружень в металі зварних з'єднань, а також підвищити пластичність і в'язкість сталі в зоні термічного впливу завдяки відпуску мартенситу та формуванню дрібнодисперсного аустеніту в її структурі.



УДК 620.22:661.66

О.О. Бейгул докт. техн. наук, проф., Д.Б. Серета  
Дніпровський державний технічний університет, Україна

## ОТРИМАННЯ ХРОМОАЛІТОВАНИХ ПОКРИТТІВ НА КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛАХ В УМОВАХ СВС ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛІВ

O.A. Bejgul Dr., Prof., D.B. Sereda

### RECEIPT OF CHROME-ALIATED COATINGS ON COMPOSITE MATERIALS IN THE CONDITIONS OF SHS FOR CAR PARTS

Для деталей, що працюють при впливі високих температур, актуальним є використання вуглець-вуглецевого композиційного матеріалу (ВВКМ.) Для захисту даних композиційних матеріалів від сильного окислення, в роботі запропоновано перспективний метод нанесення захисних жаростійких покриттів в режимі теплового самозаймання в умовах саморозповсюджувального високотемпературного синтезу (СВС). [1-2] Даний вид захисту є найбільш перспективним і менш дорогим, так як не потрібні зміни в технології виробництва вуглець - вуглецевих матеріалів, а також захисний шар утворює тонку плівку, яка при взаємодії з вуглецевою матрицею і волокнами не змінює механічні характеристики матеріалу в цілому. Як високотемпературні матеріали ВВКМ мають ряд унікальних властивостей: підвищену міцність при високих температурах, низькою питомою вагою, легкої механічної обробкою і т.д. Відповідно ВВКМ відносяться до надчистого матеріалами і розрізняються за видами і марками, що виражається в щільності матеріалів, яка може коливатися в межах 1,45 ... 2,23 т / м<sup>3</sup>, а також вираженою анізотропією механічних властивостей в залежності напрямки армування матеріалу. [3-5]. У цій роботі досліджували можливість нанесення покриттів в неізотермічних умовах з використанням СВС-технології. [6-11]. Як матеріали, на які наносили жаростійкі покриття, були обрані: вуглець-вуглецевий композиційний матеріал з пошаровим армуванням вуглецевої тканиною на основі віскози УРАЛ-Т22Р. Состав насичує середовища вибирали виходячи з вимог до жаростійким покриттям і особливостям формування захисних покриттів на вуглеграфітових матеріалах. Для постановки експериментів застосовували порошки: використовували Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - оксид хрому (III), Al - алюміній марки АПВ, Si - кремній марки Кр1, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - оксид алюмінію (III), SiO<sub>2</sub> - оксид кремнію, Ti - титан марки ПТХ5-1, J2 - металевий йод дисперсністю 200-350 мкм. Вивчення покриття на електронному мікроскопі JEOL Super probe-733, після випробувань при температурі 11000С протягом 25 годин, показало, що окислений шар має товщину близько 10 мкм, щільно пов'язаний з поверхнею зразка і його відшаровування в процесі окислення не відзначено (рис.1)

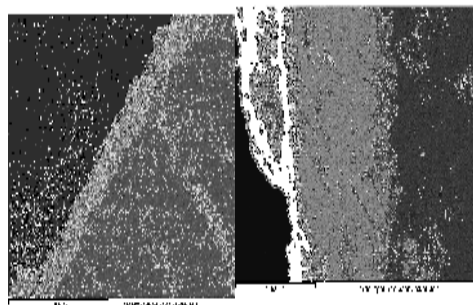


Рисунок 1. Мікроструктури покриттів легованих Si на ВВКМ після випробувань на жаростійкість при температурі 11000С протягом 25 год.; × 3000

При нанесенні захисних покриттів легованих кремнієм воно складається з карбідної зони складу SiC, а також фаз CrAl<sub>2</sub>, CrSi і CrSi<sub>2</sub>. Випробування зразків на жаростійкість здійснювали в інтервалі температур 950 - 1150 °С. Встановлено, що покриття леговані титаном і кремнієм успішно захищають вуглецеві матеріали від окислення і вигорання до температур 1050 - 1100 °С. Зміцнені ВВКМ показали збільшення жаростійкості в 1.5-1.7 рази в порівнянні з матеріалом, обробленим при ізотермічних умовах

#### **Література**

1. Мержанов А.Г. Твердо-пламенное горение / Мержанов А.Г. – Черноголовка: ИСМАН, 2000. – 244 с.
2. Г.В. Самсонов, А.П. Эпик. Покрyтия из тугоплавких соединений. – Москва: Металлургия, 1964. – 108с.
3. Белов А.Ф. Стрoение и свойства авиационных материалов / А.Ф. Белов, Г.П. Бенедиктова – М.:Металлургия, 1989.- 368 с.
4. Середa Б.П., Белоконь Ю.А., Кругляк И.В. Получение хромоалитированных покpытий на углеродистых материалах в условиях самораспpостpаняющегося высокотемпературного синтеза. Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. науч. трудов. Вып. 80 - Дн-вск., ПГАСА, 2015.- С.296-301.
5. Середa Б.П. Поверхневе зміцнення матеріалів:Монографія / Середa Б.П., Калініна Н.Є., Кругляк І.В. – Запоріжжя: РВВ ЗДІА, – 2004. – 230 с.
6. Середa Б.П., Белоконь Ю.О., Онищенко А.Н. Середa Д.Б. Влияние выбора подложки из высокоуглеродистых материалов на кинетику роста защитных покpытий в условиях самораспpостpаняющегося высокотемпературного синтеза // Металлургия: Научные труды ЗГИА. – Запорожье: Изд. ЗГИА, 2011, С. 111 – 115
7. Sereda B. Onishchenko A. Sereda D. Influence of the Choice of the Substrate from C-C Materials Stuffs on Kinetics of Growth of Sheetings in the Conditions of SHS Material science and technology 2012. Conference and Exhibition. Pittsburgh. Pennsylvania USA. 2012-1550p.-P.296-300
8. Sereda B., Sereda D. Aluminized Coating on Steel in SHS Condition. Material science and technology 2014. Conference and Exhibition. Pittsburgh. Pennsylvania USA. 2224p. P.482-486
9. Sereda D., Sereda B. Aluminized Multifunctional Coating on Steel in SHS Condition. Material science and technology -2014. Pittsburgh. Pennsylvania USA. 2224p. P.482-486.
10. Sereda B., Sereda D. Advanced Chromoaluminizing Coatings for Wear and Heat-resistance on Composite Materials under SHS. Material science and technology 2015. Conference and Exhibition. Columbus, OH,USA. 1821p. P.229-232  
Sereda B., Sereda D. Obtaining of Boride Coatings under SHS Conditions for Car Parts. Material science and technology- 2016. Salt Lake City, Utah USA 2016-1339p.-P.945-948.

УДК 678:539.3; 620.17

О.І. Буря канд. техн. наук, проф., О.О. Набережна канд. техн. наук,  
С.В. Калініченко, О.А. Терентієва

Дніпровський державний технічний університет, Україна

## ВПЛИВ РЕЖИМУ ФОРМУВАННЯ НА МІЦНІСНІ ВЛАСТИВОСТІ ПОЛІІМІДУ YS-20

О.І. Burya Ph.D., Prof., O.O. Naberezhnaya Ph.D., S.V. Kalinichenko, O.A. Terentieva  
INFLUENCE OF FORMING MODE ON STRENGTH PROPERTIES OF THE  
POLYIMIDE YS-20

Поліімід YS-20 (PI) – один з найбільш ефективних полімерів для заміни металевих деталей вальцівних з'єднань машин та механізмів, оскільки поєднує у собі гарний комплекс триботехнічних і міцнісних характеристик, що дозволяє використовувати його для виготовлення деталей, які працюють в екстремальних умовах (при великих навантаженнях і високих температурах до 623 К).

Метою даної роботи було дослідження впливу режиму формування на фізико-механічні властивості поліімиду YS-20.

В якості об'єкту дослідження був обраний лінійний гетероцепний поліімід марки YS-20, з характеристиками: густина – 1430 кг/м<sup>3</sup>; твердість – 45 – 60 HRE; межа міцності – 170 МПа; коефіцієнт тертя – 0,29; теплоємність – 1130 Дж/кг·К; теплопровідність – 0,346 Вт/м·К; кисневий індекс – 53 %.

Процес таблетування порошкоподібного PI здійснювали на гідравлічному пресі при тиску 125 МПа. Перед формуванням PI ретельно висушували у термошафі DNG-9075A протягом 1,5...2 годин при температурі 323 - 473 К, потім завантажували до прес-форми і нагрівали до 623 - 663 К, витримували без тиску від 600 до 3000 с, плавно підвищували тиск і витримували матеріал протягом 600 – 2400 с. Після чого зразки охолоджували при постійному тиску до 523 К і виштовхували з прес-форми [1].

Визначення механічних властивостей поліімиду проводили згідно ГОСТ 4651-82 на машині Z020 фірми Zwick/Roell при швидкості деформації 1 мм/хв та температурі 293 К. Розрахунок міцнісних показників модуля пружності ( $E$ ) та коефіцієнта Пуассона ( $\nu$ ) здійснювали за формулами:

$$1. E = \frac{P_2 - P_1}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1} \cdot 100 \%, \text{ МПа}$$

де  $P_1, P_2$  – навантаження, МПа;  $\varepsilon_1, \varepsilon_2$  – відносна деформація при стисненні, %.

$$2. \nu = \frac{E - 6\sigma_T}{6\sigma_T + 2E}$$

де;  $\sigma_T$  – межа текучості при стисненні, МПа.

Аналіз результатів показав (рис. 1), що досліджуванні зразки, які формувалися при різних режимах пресування суттєво відрізняються: зразок пресований при темпера-

Рисунок 2. Графік залежності  $\nu$  (t, T)

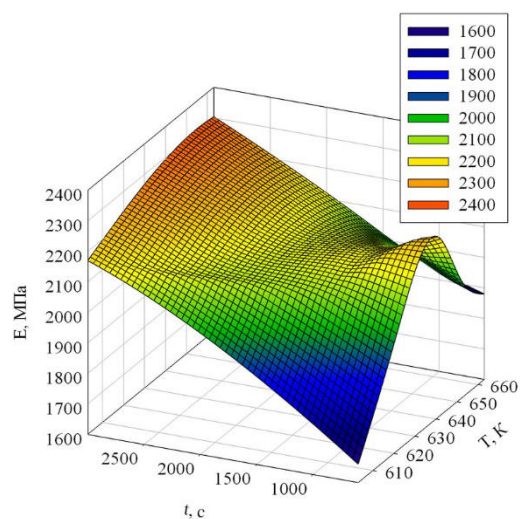


Рисунок 1. Графік залежності  $E$  (t, T)

турі 645 К та витримці в 3000 с сягає значень модуля пружності 2300 МПа, що переважає в 1,44 рази зразок виготовлений при температурі 610 К та витримці 600 с та свідчить про оптимальність обраного режиму формування. Ефективність досягнення високих фізико-механічних властивостей підтверджується розрахунком коефіцієнта Пуассона, який зростає від 0,17 до 0,23 для вказаних вище режимів (див. рис. 2), які близькі до значення коефіцієнтів чавуну та вуглецевої сталі (0,23 і 0,24 відповідно).

Характер протікання процесу деформації при випробуваннях на стиснення відповідає жорстко пластичній поведінці матеріалу [2] в координатах «напруження – деформація» (рис. 3).

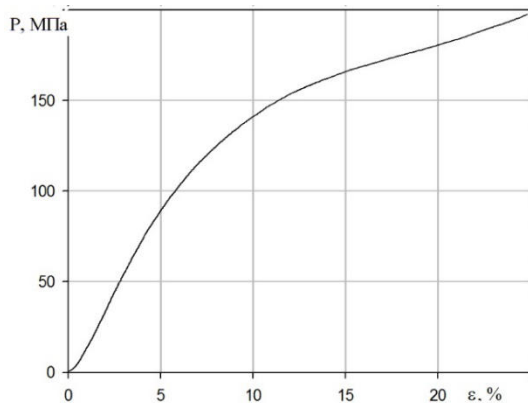
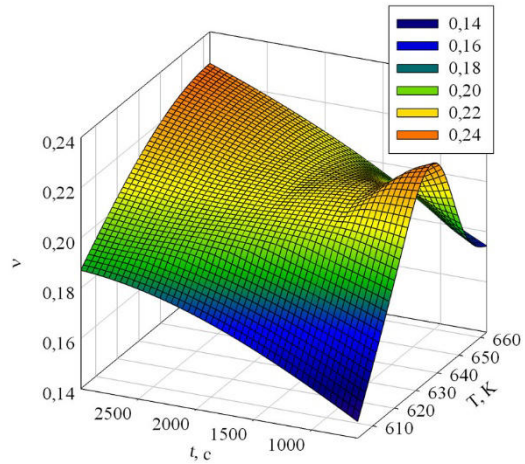


Рисунок 3. Графік залежності напруження від деформації

зразка виготовленого за оптимальним режимом складає  $n = 0,12$ . Він характеризує здатність матеріалу опиратися приросту деформації та близький до випадку ідеальної пластичної поведінки матеріалу. Слід зазначити, що цей показник наближений до значень конструкційних металів та сплавів – алюмінію ( $n = 0,15$ ), заліза ( $n = 0,05 - 0,15$ ) [4].

### Література

1. А.И. Буря, Е.А. Ерёмина, С.В. Калиниченко Влияние технологических параметров переработки на прочность полиимида YS-20 // Композитные материалы, международно научно-технический сборник, – Днепропетровск – 2016, – т. 10, №1. – С. 37-41.
2. Д.В. Ван Кревелен Свойства и химическое строение полимеров / пер. с англ. Ф.Ф. Ходжеванова, ред. А.И. Малкина, – М : Химик, – 1976. – 416 с.
3. Д.Г. Вербилло, А.В. Дроздов. Параболическая стадийность кривых деформирования ОЦК – металлов на сжатие / Металлофиз. Новейшие технол. Институт металлофизики. - 2016, - т.38, № 7. - С. 953-967 / DOI: 10.15407.
4. Р.В. Херцберг Деформация и механика разрушения конструкционных материалов / пер. с англ. А.М. Бернштейна / под ред. М.Л. Бернштейна, С.П. Ефименко – М: Металлургия, – 1989. – 576 с.



Слід відзначити, що від кінця площадки текучості до деформації – ділянки однорідної деформації кривої на стиснення, описується аналітичним виразом Холломона [3]:

$$\sigma = K\varepsilon^n,$$

де  $\sigma$  – істинне напруження;  $K$  – коефіцієнт деформаційного зміцнення;  $\varepsilon$  – істинна пластична деформація;  $n$  – показник деформаційного зміцнення.

Той факт, що крива досягає максимальних значень напруження на параболічній ділянці свідчить про зростання опору зі сторони зразка РІ, приросту пластичної деформації, так званого деформаційного зміцнення, який для

УДК 678.675 : 678.046.3

О.І. Буря канд. техн. наук, проф., К.А. Єрьоміна канд. техн. наук, Д.А. Терентієв,  
Ю.В. Чуйкова

Дніпровський державний технічний університет, Україна

## **ВПЛИВ НАНОКРИСТАЛІЧНОГО СПЛАВУ FINEMET НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ МЕТАЛОПОЛІМЕРІВ НА ОСНОВІ ФЕНІЛОНУ**

**A.I. Burya Ph.D., Prof., Ye.A. Yeriomina Ph.D., D.A. Terentyev, Yu.V. Chuikova**

### **THE EFFECT OF NANOKRISTALIC ALLOYS FINEMET ON THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF PHENYLONE-BASED METAL-CONTAINING POLYMERES**

Поліпшення масогабаритних характеристик, зниження енергоспоживання та підвищення продуктивності є актуальними завданнями сучасного матеріалознавства.

Останнім часом все більшу увагу до себе привертають металополімери (МП), які знаходять широке застосування як функціональні матеріали з цінним комплексом фізико-механічних, трибологічних та теплофізичних властивостей. Одним із перспективних наповнювачів для МП є аморфні, нанокристалічні сплави, які в порівнянні зі звичайними характеризуються значними магнітними, механічними та електричними властивостями, які пов'язані з їх структурою, що обумовлює застосування таких сплавів у тих випадках, де інші матеріали виявляються непрацездатними. Також до переваг аморфних, нанокристалічних сплавів можна віднести просту схему їх виробництва: вона, як правило, складається з двох етапів: виплавки сплаву і розливу на кінцевий продукт. Все це дозволило аморфним і нанокристалічним сплавам вийти на етап промислового виробництва та зайняти своє місце на ринку збуту [1, 2].

У зв'язку з вищевикладеним як наповнювач для розробки МП використовували нанокристалічний сплав FINEMET. В якості в'язучого – ароматичний поліамід фенілон С-2 – дрібнодисперсний порошок білого кольору з насипною густиною 0,2-0,4 г/см<sup>3</sup>.

Приготування композицій з фенілону С-2, що містять 10 – 70 мас.% нанокристалічного сплаву FINEMET, здійснювали методом сухого змішування в обертовому електромагнітному полі (з величиною магнітної індукції 0,12 Тл). Перед формуванням композицій їх ретельно висушували в термошафі SPT-200 протягом 2-3 годин при 473-573К для запобігання зменшення міцнісних характеристик. Формування композицій здійснювали методом компресійного пресування нагріваючи їх до 593-598 К і витримуючи по 5 хвилин без та під навантаженням 40 МПа при цій температурі. Далі, для фіксації форми, їх охолоджували під навантаженням до температури 523 К і виштовхували з прес-форми. Виготовлені зразки (діаметром 10 і висотою 15 мм) досліджували на стиснення за допомогою універсальної розривної машини FP-100.

На рис. 1 наведена залежність, міцність при стисненні ( $\sigma$ ) – відносна деформація ( $\epsilon$ ). Криві 1, 2 (фенілон С-2 та МП на його основі, що містить 10 мас.% FINEMET), згідно класифікації Херцберга [3], відносяться до V типу, що характеризує пружну гетерогенно-пластичну поведінку матеріалів. Криві 3-7 (30-60 мас.% нанокристалічного сплаву відповідно) відносяться до II типу – пружна гомогенно-пластична поведінка. Крива  $\sigma$ - $\epsilon$  для МП, що містить 70 мас. % наповнювача, має тільки прямолінійну ділянку, що відповідає закону Гука та характеризує пружну деформацію – I тип кривих.

Виходячи з даних, представлених у табл. 1, видно, що наповнення вихідного полімеру нанокристалічним сплавом позитивно впливає на міцнісні характеристики

МП. Матеріал що містить 40 мас.% наповнювача, перевершує ненаповнений фенілон С-2 за модулем пружності на 45 %. Що стосується межі плинності, при збільшенні кількості сплаву FINEMET, вона приймає нульові значення, оскільки II тип кривих притаманний крихким матеріалам. З табл. 2 видно, що при збільшенні вмісту наповнювача зменшується здатність до пластичної деформації в результаті чого відбувається крихке руйнування МП.

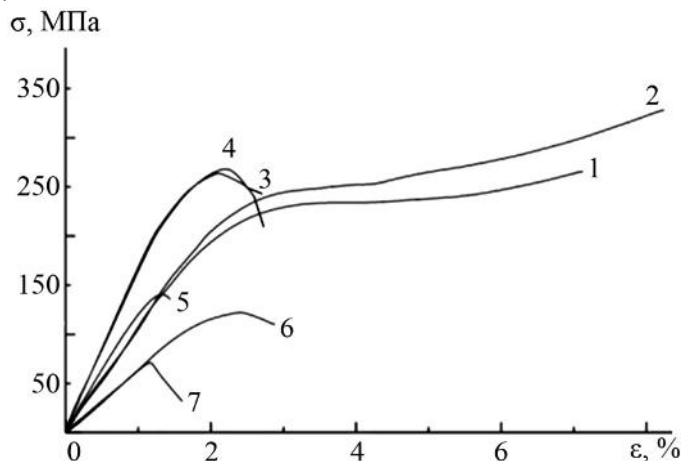


Рисунок 1. Криві  $\sigma$ - $\epsilon$  фенілона С-2 (1) та металополімерів на його основі, що містять 10(2), 30(3), 40(4), 50(5), 60(6) та 70(7) мас. % наповнювача

Таблиця 1 – Фізико-механічні властивості металополімерів

Вміст наповнювача, (С) мас.%	Робота руйнування, Дж	Межа міцності, МПа	Модуль пружності, МПа
0	217,72	238,35*	2689,40
10	302,13	258,72*	2689,40
30	72,96	268,91	4358,62
40	69,89	275,02	4921,46
50	19,69	148,71	3522,91
60	36,76	126,30	2337,23
70	10,44	73,39	1642,38

\* межа плинності

Таблиця 2 – Загальний вигляд зразків після стиснення

С, мас.%	0	10	30	40	50	60	70
Загальний вигляд зразка							

### Література:

1. Attraktive Anwendungsgebiete für Glas-metallionen mit eingelagerten Hartpartikeln // Mittex. – 1990. 97, №10. – P. 434.
2. Стародубцев Ю. Аморфные металлические материалы / Ю. Стародубцев, В. Белозеров // Силовая Электроника. – 2009. – № 2: Технологии. – С. 86 – 89.
3. Херцберг Р.В. Деформация и механика разрушения конструкционных материалов: пер. с англ. / под. ред. М.Л. Бернштейна, С.П. Ефименко. – М.: Металлургия, 1989. – 576 с.

УДК 620.179.11

<sup>1</sup>О.І. Бурия канд.техн. наук, проф., <sup>2</sup>І.В. Рула, <sup>1</sup>А.П. Жукова, канд. техн. наук,

<sup>3</sup>І.Е. Пашковський, канд. хім. наук, <sup>3</sup>В.І. Дубкова

<sup>1</sup>Дніпровський державний технічний університет, Україна

<sup>2</sup>Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет, Україна

<sup>3</sup>ІЗНХ НАН Білорусі, Республіка Білорусь

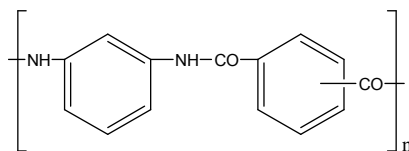
## ВОДНЕВЕ ЗНОШУВАННЯ І БОРОТЬБА З НИМ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ МЕТАЛОПОЛІМЕРНИХ ПАР ТЕРТЯ

**A.I. Burya Ph.D., Prof, I.V. Rula, A.P. Zhukova, I.E. Pachkovski, V.I. Dubkova**  
**HYDROGEN WEAR AND FIGHT AGAINST HIM DURING EXPLOITATION OF  
METALLOPOLYMERIC PAIRS OF FRICTION**

В даний час у вузлах тертя машин і технологічного обладнання широке застосування знаходять полімерні композиційні матеріали. Аналіз роботи металополімерних пар тертя дає підставу вважати, що у багатьох випадках метал контртіла, що працює в парі з полімерною деталлю, схильний до водневого зношування. Особливо це характерно для деталей рухливих з'єднань машин побутового призначення і, зокрема, машин хімічного очищення, де присутність великої кількості вологи та інших воденьвмісних середовищ створює умови для водневого зношування сталевого валу.

В результаті різних фізико-хімічних процесів в зоні утворюється значна кількість дифузійно-рухливого водню. Його поява обумовлена механо- і термодеструкцією макромолекул полімеру та інших воденьвмісних з'єднань при фрикційній взаємодії з металом. Градієнти напруги і температур, що виникають при терті, створюють гідрофільну зону на поверхні металевого контртіла, що адсорбує водень. Збільшення концентрації водню в поверхневому шарі приводить до утворення мікротріщин, які потім, унаслідок ефекту "накачування" укрупнюються, сприяючи зрештою катастрофічному руйнуванню металу. Як один із заходів для боротьби з цим явищем пропонується полімери армувати мідьвмісними вуглецевими волокнами (Cu-BB) [1]. При цьому в результаті вибіркового перенесення поверхня сталевого контртіла вкривається захисним мідним покриттям, що має низьку водопроникність.

Тому при розробці вуглепластиків (ВП) використовували Cu-BB, що містить в середньому 19,5 мас.% міді, а в якості в'язучого було обрано термостійкий ароматичний поліамід марки фенілон С-2 (ТУ6-05-226-72), що представляє собою гетероланцюговий кополімер, який містить в головному ланцюзі макромолекули амідну групу -HNCO-, з'єднану з обох сторін фенільними фрагментами і який отримують емульсійною поліконденсацією [2] суміші дихлорангідридів ізо-, терефталевої кислот, взятих в співвідношеннях 60 та 40 мас.% відповідно, з м-фенілендіаміном.



Основні технологічні характеристики в'язучого наведені в табл. 1.

Таблиця 1. Властивості фенілону С-2 (ТУ6-05-226-72)

Зовнішній вигляд	Насипна густина, г/см <sup>3</sup>	Вологість, %	Питома в'язкість 0,5%-го розчину у ДМФА	Температура склування, К
Дрібнодисперсний білий порошок	0,33	0,40	1,2	553

Виготовлення композицій здійснювалось методом сухого змішування в оберտальному електромагнітному полі (величина магнітної індукції не нижче 0,02 Тл) нерівноосними феромагнітними частками, які видалялись магнітною сепарацією. Приготовану суміш переробляли у виробі методом компресійного пресування при температурі 598 К та тиску 40 МПа. Випробування отриманих композиційних матеріалів проводились на лабораторному комплексі МТМ-2 (питомий тиск – 25 МПа, швидкість ковзання - 2 м/с, час випробувань - 240 с), зношування зразків в режимі сухого тертя по сталі 45 (шорсткість R<sub>a</sub> 0,32 мкм, твердість 45-48 HRC). В результаті досліджень було виявлено, що найбільшу зносостійкість при змащуванні водою має ВП, який містить 40 мас. % Cu-BB. Цей же склад має найменшу здатність до утворення водню (табл.2).

Таблиця 2. Вплив вмісту Cu-BB на триботехнічні характеристики вуглепластика

Вміст наповнювача, мас. %	Сумарний лінійний знос з'єднання, мкм	Концентрація водню в герметичній камері в кінці випробувань, мл/см <sup>3</sup> x 10 <sup>-5</sup>	Наявність вибіркового перенесення	Інтенсивність лінійного зношування в режимі сухого тертя, x 10 <sup>-8</sup>	Кисневий індекс, %
BB, 20	75	159,7	ні	0,25	43,8
Cu-BB, 20	56	150,4	ні	0,22	45,5
Cu-BB, 30	42	120,2	так	0,17	46,7
Cu-BB, 40	18	95,8	так	0,15	49,3
Cu-BB, 50	28	132,3	так	0,19	48,5

Для ВП, що містять 30-50 мас.% Cu-BB при їх зношуванні по сталі реалізується режим вибіркового перенесення. Металографічні дослідження контрзразків показали, що на їх поверхні утворюється мідна плівка, що забезпечує захист поверхонь сталевих деталей від водневого зносу. Такі ВП мають найменшу здатність до утворення дифузійно-рухливого водню в зоні тертя, тобто найбільшу здібність до пригнічення водневого зносу, що є одним з чинників, які визначають довговічність деталей рухомих з'єднань. Використання для армування ВП Cu-BB дозволяє реалізувати вибіркоче перенесення при терті, зменшити наводорожування сталеві поверхні контртіла і тим самим підвищити зносостійкість вузла тертя. Відмічено також зниження коефіцієнта тертя, що приводить до зниження енергетичних втрат при роботі машини.

#### Література

1. А. с. 1519219 СССР, МКИ<sup>3</sup> С 08 L 77/10, С 08 К 7/02. Полимерная композиция / А.И. Буря, В.И. Дубкова, Т.А. Скляр, И.Н. Ермоленко, В.М. Юдин, И.Э. Пашковский. – № 4287241/23-05; заявл. 20.07.87; зарег. 1 июля 1989.
2. Соколов Л.Б., Герасимов В.Д., Савинов В.Д., Беляков В.К. Термостойкие ароматические полиамиды. -М.: Химия, 1975. -256 с.



УДК 624.014

О.П. Ваврик, І.В. Василик, І.М. Підгурський

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

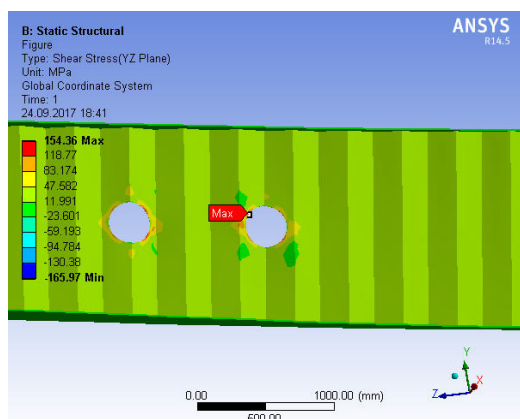
## ОЦІНКА НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМІВНОГО СТАНУ БАЛКЬ З ГОФРОВАНОЮ СТІНКОЮ, ЩО ОСЛАБЛЕНА ОТВОРАМИ

О.Р. Vavryk, I.V. Vasylyk, I.M.Pidgurskyi

### ASSESSMENT OF STRESS-STRAIN STATE OF SIN BEAM WEAKENED BY HOLES

Проблема оцінки напружено-деформівного стану балки з гофрованою стінкою, що ослаблена отворами, має велике значення для забезпечення міцності і ефективності використання будівельних конструкцій [1,2]. У роботі досліджено балку з гофрованою стінкою, ослаблену отворами різних діаметрів (300 мм, 500 мм, 700 мм). Отвори розташовані попарно в приопорних зонах та в середній частині балки. За основу була прийнята шарнірно оперта сталева тонкостінна балка двотаврового перерізу, прольотом 24000 мм, висотою 1400 мм.

Для виявлення впливу отворів на напружено-деформівний стан балки, виконано



дослідження методом комп'ютерного моделюючого експерименту з використанням прикладного програмного пакету Ansys Workbench 14.5 (рис.1). За результатами комп'ютерного моделювання отримано розподіл параметрів напружено-деформівного стану в балці (таблиця 1).

Виявлено, що максимальні напруження виникають в отворах розташованих у приопорних зонах, а мінімальні напруження – посередині балки. Даний результат свідчить про

Рисунок 1. Розподіл напружень в околі отворів, розташованих в приопорних зонах балок

Таблиця 1. Напруження біля отворів балки

Розташування отвору в прольоті балки, м	Нормальні напруження $\sigma$ , МПа		
	Отвір 300 мм	Отвір 500 мм	Отвір 700 мм
1	165,97	287,58	439,40
2	154,36	261,63	399,00
11,5	17,90	28,00	42,81
12,5	17,90	28,00	42,81
22	154,36	261,63	399,00
23	165,97	287,58	439,40

раціональність розташування отворів в середній третині прольоту балки. Також встановлено, що при відношенні діаметру отвору до висоти стінки більше 1/3 напружено-деформівний стан перевищує гранично допустимі значення, тому рекомендується виконувати отвори діаметром менше 1/3 висоти стінки.

Результати досліджень доцільно застосувати при проектуванні балок з гофрованою стінкою, що ослаблена отворами.

#### Література

1. Лазнюк М. В. Балки з тонкою поперечно гофрованою стінкою при дії статичного навантаження : автореф. дис. на здобуття наук. ступ. канд. техн. наук : спец. 05.23.01 «Будівельні конструкції, будівлі і споруди» / М. В. Лазнюк. – Київ, 2006. – 18 с.

2. Кудрявцев, С.В. Несущая способность балок с гофрированной стенкой, ослабленной круговым отверстием: автореф. дис. на соискание учен. степени канд. техн. наук: 05.23.01 / С.В. Кудрявцев; Новосибир. госуд. архит.-строит. ун-т. – Екатеринбург, 2011.– 25 с.

УДК 624.012.25

Р.Т. Гоголь, П.П. Чуба, Р.М. Федорович

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ЕФЕКТИВНІСТЬ ПІДСИЛЕННЯ ЗГІНАЛЬНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ КОМПОЗИТНИМИ МАТЕРІАЛАМИ

R.T. Hohol, P.P. Chuba, R.M. Fedorovych

## EFFECTIVENESS OF REINFORCEMENT OF CONCRETE ELEMENTS OF COMPOSITE MATERIALS

В процесі експлуатації будівель і споруд періодично виникає необхідність проведення ремонту. Це пояснюється наявністю різних впливів на будівельні конструкції – непроектних навантажень, аварій, перепланувань, впливом агресивних хімічних середовищ. Крім того, до проведення ремонту можуть змушувати допущені при проектуванні або проведенні будівельних робіт помилки. У світлі вищесказаного стає важливим підсилення будівельних конструкцій для подовження їх терміну експлуатації.

Однією з різновидностей силових дій на залізобетонні конструкції є малоциклові навантаження, які можуть виникати в процесі експлуатації практично всіх конструкцій. Аналіз характеру зовнішніх дій дозволяє віднести до малоциклових такі навантаження як вітрові, снігові, навантаження, що викликаються землетрусом, від ваги людей, меблів, складованих матеріалів тощо.

Тому за мету в даній роботі ставилось встановити вплив як одноразових так і малоциклових навантажень на напружено-деформований стан, тріщиностійкість нормальних перерізів та деформативність згинальних залізобетонних елементів до та після їх підсилення композитними матеріалами.

Дані дослідження є продовженням експериментально-теоретичних досліджень проведених Конончуком О.П. на кафедрі інженерних конструкцій Національного університету водного господарства та природокористування (м. Рівне) [1, 2, 3].

Опрацювавши попередньо отримані результати експериментальних досліджень залізобетонних балок, випробуваних на дію одноразових та малоциклових навантажень до та після їх підсилення за нормальними перерізами було отримано великий масив даних, на основі яких побудовано графіки деформування крайньої стиснутої фібри бетону, внутрішньої сталеві розтягнутої арматури, елементу підсилення, прогинів балок та ширини розкриття їх тріщин при різних рівнях та режимах силових впливів. Для прикладу, на рис. 1 та 2 наведено графіки деформування дослідних зразків випробуваних на дію одноразового навантаження (рис. 1) та малоциклового навантаження (рис. 2).

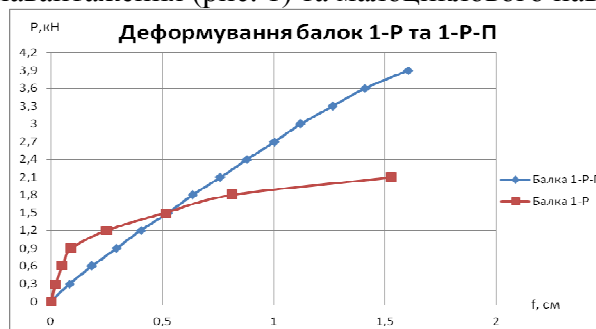


Рисунок 1. Графік деформування балок 1-Р (до підсилення) та 1-Р-П (після підсилення)

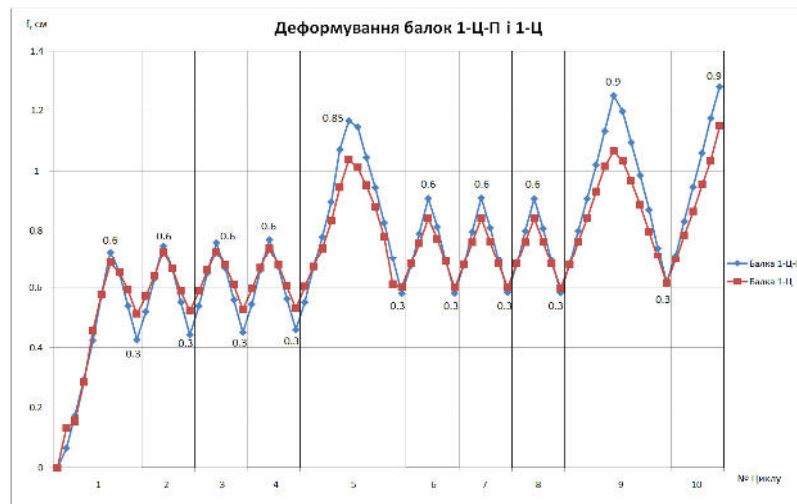


Рисунок 2. Графік деформування балок 1-Ц (до підсилення) та 1-Ц-П (після підсилення) при однакових рівнях навантаження

Як видно з графіку зображеного на рис. 2, лінії деформування балок 1-Ц та 1-Ц-П практично накладаються одна на одну, тобто їхній прогин практично однаковий. Але при цьому за одиницю навантаження непідсиленої балки було взято 1,95 кН, а підсиленої – 4 кН.

Проаналізувавши отримані дані було встановлено, що підсилення нормальних перерізів згинальних залізобетонних елементів дало змогу використати повністю ресурс стиснутої зони бетону. Всі експериментальні зразки після підсилення руйнувались в стиснутій зоні бетону. Це пояснюється роботою підсилення як додаткового армування, що обумовлює перерозподіл зусиль в нормальному перерізі та спричинює збільшення висоти стиснутої зони бетону, яка включаючись в роботу, підвищує несучу здатність балок.

Підсилені балки при малоцикловому навантаженні витримали до двох разів вище навантаження в порівнянні з непідсиленими. Також встановлено, що в результаті дії малоциклових навантажень спостерігалось зменшення несучої здатності як непідсилених, так і підсилених дослідних зразків в межах 4...8% в порівнянні з тими, що були випробувані на дію одноразового навантаження. В окремих випадках це зменшення сягало 27%. Встановлено, що несуча здатність непідсилених зразків із збільшенням внутрішньої робочої арматури стабільно зростає.

Таким чином доведено, що малоциклові навантаження мають такий самий вплив на підсилені згинальні залізобетонні елементи, як і на непідсилені. При повторенні циклу з однаковим верхнім та нижнім рівнем навантаження, стабілізація деформацій проходить вже на другому циклі.

### **Література**

1. Борисюк О.П. Напружено-деформований стан нормальних перерізів згинальних залізобетонних елементів, підсилених вуглепластиками за дії малоциклового навантаження / О.П. Борисюк, О.П. Конончук // Монографія. – Рівне: НУВГП, 2014. – 136 с.
2. Конончук О.П. Результати експериментальних досліджень залізобетонних балок, підсилених композитними матеріалами // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. пр.–Рівне: НУВГП, 2012.–Вип.23.–С.479–486.
3. Конончук О.П. Напружено-деформований стан залізобетонних балок, підсилених композитними матеріалами // Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій [Текст]: Зб. наук. статей – Львів: Каменяр, 2014. – Вип. 10. – С. 326 – 335.

**УДК 620.187: 621.762.5: 669: 536.462**

**Н.М. Гулієва канд. техн. наук**

Луцький національний технічний університет, Україна

## **ПОРИСТІ САПОНІТ – ТИТАНОВІ ФІЛЬТРУВАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ**

**N.M. Hulieva Ph.D.**

### **POROUS SAPONITE – TITANIUM FILTERS MATERIALS**

Сучасний етап розвитку матеріалознавства характеризується безперервною генерацією ідей по отриманню фільтрувальних матеріалів. Вирішення таких задач обмежені, з однієї сторони технологічними можливостями відомих методик, а з іншої – залежністю властивостей від параметрів їх виготовлення.

До фільтрувальних матеріалів ставляться вимоги одночасно мати високу проникність і тонкість фільтрування. Це пояснюється протилежною залежністю цих характеристик, адже пористість матеріалу залежить від фракції порошку. Так для отримання фільтрувальних матеріалів високої проникності застосовують порошок великої фракції, а це в свою чергу призводить до зниження інших експлуатаційних характеристик, таких, як тонкість фільтрування. Тому в кожному конкретному випадку застосовують метод, який дозволяє отримувати фільтрувальний матеріал з необхідними експлуатаційними властивостями.

Для підвищення властивостей фільтрувальних матеріалів необхідно виготовляти матеріали з анізотропною структурою пор. Вони забезпечують не поверхневе, а проникне фільтрування. Фільтрувальні матеріали з ізотропною поровою структурою утримують бруд лише поверхневим шаром. Накопичення бруду біля 2-4 % від загальної його товщини викликає різкий ріст опору, а внаслідок, і всього фільтрувального матеріалу в цілому. Це в свою чергу, призводить до швидкого виходу його із ладу.

Використання методів на основі пластичного деформування спечених заготовок, дозволяють отримувати фільтрувальні матеріали у яких розмір пор і пористість змінюється у напрямі фільтрації. При виготовленні даним методом на згинах виникають плавно змінені розтягнені і зжаті кругові напруження, які обумовлюють зміну пористості, розмірів пор по товщині зразка. За допомогою даного методу отримують фільтри циліндричної форми і також великогабаритні фільтрувальні матеріали.

Для наукового дослідження в Луцькому НТУ було виготовлено сапоніт – титанові фільтрувальні матеріали [1]. Для їх виготовлення використовували порошки сапоніту та титану фракції 0,1...+0,063 мм. Зразки виготовляли циліндричної форми (D = 60 мм, h = 254 мм) товщиною 3 мм. Процес пресування виконували сухим радіально-ізостатичним методом (p = 550-800 МПа). Спікання здійснювали в лабораторній установці СВС-процесу при температурі 930 °С.

Виготовленні фільтрувальні матеріали випробували в КП «Луцькводоканал». На рис. 1 наведено технологічну схему очищення природної води сапоніт – титановими фільтрувальними матеріалами. Результати досліджень застосування сапоніт – титанових фільтрувальних матеріалів показали, що за їх допомогою можна отримувати питну, технічну та технологічну воду. В залежності від рівня забруднення можна отримати відразу очищену питну воду або ж очистити воду від органічних домішок. Очищену природну воду можна застосовувати для харчової, хімічної, енергетичної промисловості, сільського господарства та ін. [2].

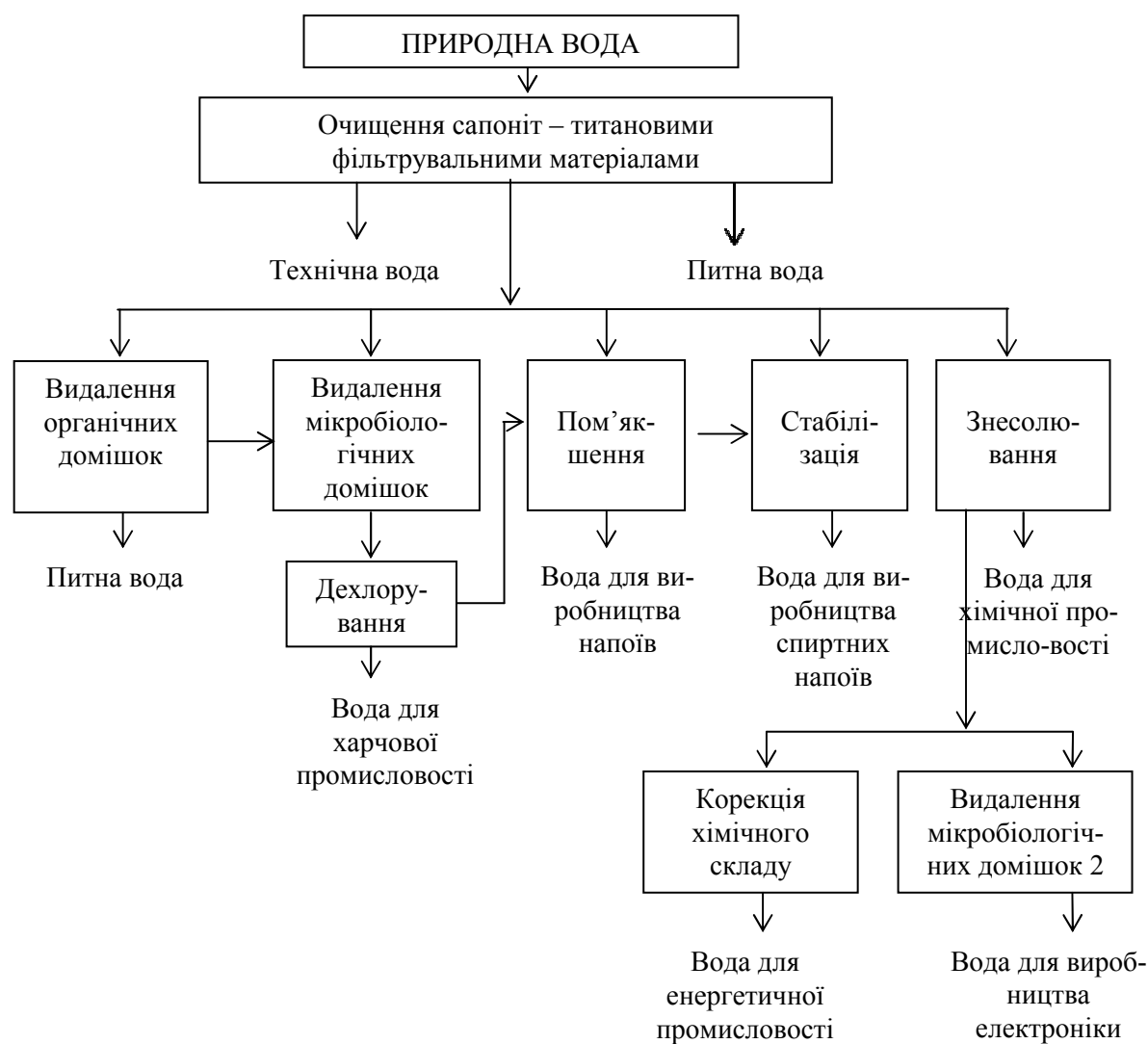


Рисунок 1. Технологічна схема очищення природної води

Пористі сапоніт – титанові фільтрувальні матеріали мають високі експлуатаційні характеристики (міцність, брудоемкість, проникність, корозійна стійкість), екологічну безпеку, економічну вигідність та покращують якісні показники води. Їх можна виготовляти у вигляді дисків, пластин, листів і труб, елементів циліндричної та сферичної форми, які можуть бути безпосередньо розміщені у різних типах фільтрувальних конструкцій. Крім того, кілька таких елементів можуть бути використанні одночасно в одній конструкції фільтра, що підвищує споживчі властивості виробу та збільшує тривалість експлуатації фільтрувального матеріалу в 2,0-2,5 рази, що підтверджує доцільність їх використання.

### **Література**

1. Гулієва, Н.М. Отримання пористих проникних матеріалів з використанням природного мінералу-сапоніту в режимі самопоширюючого високотемпературного синтезу [Текст]: автореферат дис. кандидата техн. наук: спец. 05.02.01 / Н.М. Гулієва. – Луцьк, 2015. – 20 с.
2. Rud' V.D. Determination of drinking water quality using new information technology / V.D. Rud', N.M. Guliieva // Actual Problems of Economics: Scientific economic journal. Kyiv, 2014. – V. 4 (154). – С. 481–488.

УДК 631.356.26

С. Джердж, М.Я. Сташків, канд. техн. наук, доц.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО – ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ РАМИ  
БУРЯКОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА КС-6Б-10 «ТЕРНОПІЛЬ»  
ЗА ДОПОМОГОЮ ПК «ЛІРА»**

**S. Dzherdzh, M.Y. Stashkiv, Ph.D., Assoc. Prof.**

**ANALYSIS OF STRESS-STRAIN STATE OF THE FRAME OF BEET HARVESTER  
KS-6B-10 "TERNOPIL" IN THE SOFTWARE "LIRA"**

Аналіз розвитку конструкцій бурякозбиральних машин і технологій збирання цукрового буряка вказує на тенденцію до масового переходу на потужні самохідні бункерні комбайни, що реалізують однофазову технологію збирання коренеплодів та забезпечують суттєве підвищення продуктивності, зниження трудозатрат на збирання і підвищення економічної ефективності.

Збільшення маси бурякозбиральної техніки ставить підвищені вимоги до конструктивного виконання, рівня надійності та якості виготовлення основних несучих конструкцій. Як відомо, несучі конструкції бурякозбиральних комбайнів мають ряд специфічних особливостей. Характерними для них є складна просторова геометрія, використання елементів різних типів, високий ступінь статичної невизначеності розрахункових схем, складний характер навантаження. Все це в значній мірі ускладнює вибір раціональних параметрів несучої системи.

Для розрахунку стержневих несучих металоконструкцій розроблено велику кількість різноманітних за складністю і точністю отриманих результатів методів. Але високий ступінь статичної невизначеності розрахункових схем рамних конструкцій суттєво ускладнює процес розрахунку. Розвиток комп'ютерної техніки дозволяє суттєво прискорити розрахунки з визначення НДС несучих конструкцій, оснований на складанні дискретних моделей з допомогою методу скінченних елементів.

Рама бурякозбирального комбайна КС-6Б-10 «Тернопіль» (рис. 1) є плоско - просторовою конструкцією, що виготовляється із замкнутого тонкостінного гнutoзварного профілю 180x75x4 мм (сталь 09Г2С,  $\sigma_T=375$ МПа).

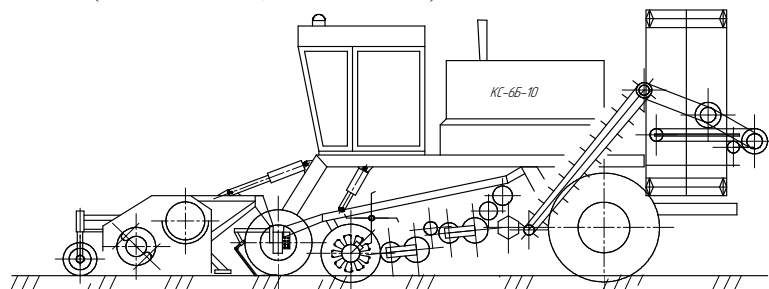


Рисунок 1. Загальний вигляд бурякозбирального комбайна КС-6Б-10 «Тернопіль»

На раму передаються зусилля від бункера, кабіни, двигуна з підмоторною рамою, інших агрегатів, таких як гичкоріз, викопуючий пристрій, транспортери і т.д. Розрахунок рами, як багаторазово статично невизначуваної системи, проведено за допомогою ПК «Ліра-9.6». На рис. 2 показано твердотільну модель рами комбайна КС-6Б-10 «Тернопіль». Результати побудови розрахункової схеми та результати розрахунку для базової моделі рами комбайна КС-6Б-10 «Тернопіль» подано на рис. 3.

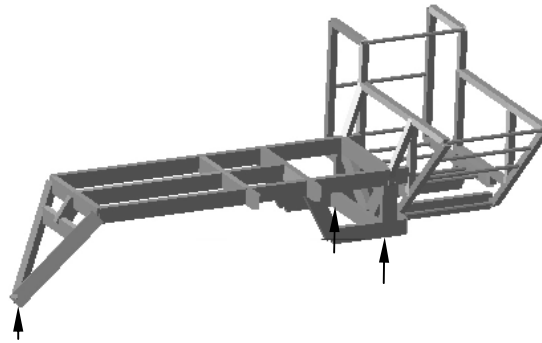


Рисунок 2. Модель рами коренезбирального комбайна КС-6Б-10 «Тернопіль»

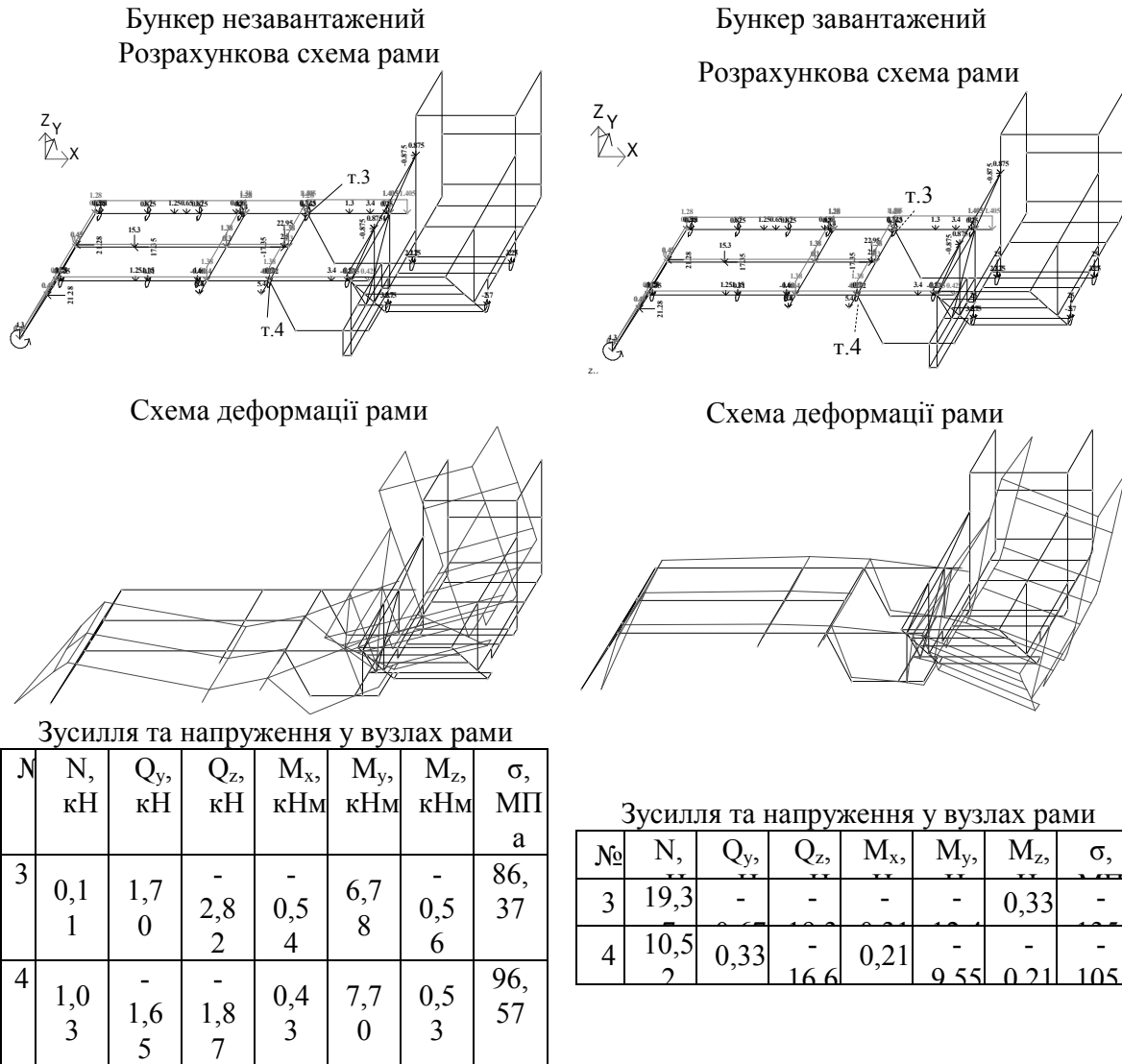


Рисунок 3. Напружено-деформований стан рами бурякозбирального комбайна КС-6Б-10 «Тернопіль» (базова модель, профіль 180×75×4 мм)

Встановлено, що у порівнянні із рамою самохідної коренезбиральної машини-аналога КС-6Б, у рамі бурякозбирального комбайна КС-6Б-10, виникають не тільки додаткові згинальні навантаження у вертикальній площині, а й крутні моменти від гичкозбирального модуля МГР-6-03 в місцях перегину рами та від бункера при переході від плоскої до просторової конструкції рами в умовах транспортування та робочому режимі експлуатації. Тому лонжерони рами вказаних машин рекомендовано виготовляти з потовщеного гнutoзварного профілю 180x75x7 мм (сталь 09Г2С).

**УДК 621.791.051.6**

**М.Б. Дранівська**

Технічний коледж Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, Україна

## **ВПЛИВ ТЕРМІЧНИХ ЦИКЛІВ ЗВАРЮВАННЯ НА МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА СТРУКТУРУ МЕТАЛУ ЗТВ ВИСОКОМІЦНИХ СТАЛЕЙ**

**M.B Dranivska**

### **THE INFLUENCE OF THE THERMAL CYCLES OF WELDING ON MECHANICAL PROPERTIES AND METAL STRUCTURE OF THE THERMAL IMPACT ZONE OF HIGH-STRENGTH STEELS**

Вступ України до ВТО, зростаюча конкуренція на ринку металу і наслідки економічної кризи зумовлюють необхідність подальших досліджень у сфері розробок та використання нових матеріалів і технологій. Постійне збільшення обсягів виробництва і впровадження високоміцних сталей з мінімальними економічними витратами в різних галузях виробництва є актуальним завданням сьогодення.

Високоміцними конструкційними сталями називають сталі з межею плинності  $\sigma_{0,2} \geq 355$  (МПа). Такі сталі повинні добре зварюватись, мати гарну пластичність та високий опір до крихкого руйнування. Необхідний комплекс властивостей забезпечується структурою та визначається легуванням і термічною обробкою. Оскільки умови нагрівання та охолодження металу при зварюванні істотно відрізняються від умов під час термічної обробки, тому при дослідженні здатності сталей до зварювання вивчають їх реакцію на термічний цикл зварювання (ТЦЗ).

В ІЕЗ ім. Є. О. Патона НАН України досліджували вплив термічних циклів зварювання на структуру металу ЗТВ зварних з'єднань високоміцних сталей [1]. Експерименти проводили на пробах із конструкційних сталей S355j2 і S460M.

Дослідження дали змогу встановити, що на фазово-структурні перетворення сталей впливає не лише їх хімічний склад, а й умови охолодження металу. У високоміцних конструкційних сталях при малих швидкостей охолодження  $W_{6/5}$  (швидкість охолодження в інтервалі температур 600-500°C), що не перевищують 10°C/c, перетворення аустеніту на ділянці перегріву металу ЗТВ відбувається переважно у феритній, перлітній та бейнітній ділянках з формуванням крупнозернистої структури [2]. Така структура забезпечує металу хороші пластичні властивості та границю плинності майже на рівні основного металу. Натомість ударна в'язкість металу на ділянці перегріву ЗТВ буде значно нижчою за аналогічні показники основного металу. При збільшенні швидкості охолодження металу ЗТВ структурні складові в ньому подрібнюються, і це сприяє зростанню границі плинності та характеристик ударної в'язкості. Пластичні властивості такого металу дещо зменшуються, але залишаються в рамках вимог до зварних конструкцій.

При  $W_{6/5} \geq 15^\circ\text{C}/\text{c}$  на ділянці перегріву металу ЗТВ зварних з'єднань низьколегованих сталей починає утворюватися мартенсит. Зі збільшенням  $W_{6/5}$  його частка в металі зростає і при  $W_{6/5} \geq 100^\circ\text{C}/\text{c}$  досягає 100 %. Це сприяє суттєвому зміцненню металу, але його пластичні властивості та ударна в'язкість при цьому зменшуються, інколи істотно.

У високоміцних легованих сталях, на відміну від низьколегованих, навіть за відносно невеликих швидкостей охолодження ( $W_{6/5} = 2\text{—}10^\circ\text{C}/\text{c}$ ) на ділянці перегріву металу ЗТВ утворюється змішана бейнітно-мартенситна структура, частка мартенситу в якій при  $W_{6/5} = 10^\circ\text{C}/\text{c}$  може досягати 50%, а при  $W_{6/5} \geq 20^\circ\text{C}/\text{c}$  — 100%. Утворення таких структур, з одного боку, сприяє значному зміцненню металу, а з іншого — підвищує його схильність до утворення холодних тріщин. Адже, як відомо [3], метал, що містить понад 50% мартенситу має низьку здатність опиратися зародженню та розвитку тріщин.



Формування структури в металі ЗТВ високоміцних сталей залежить від їх хімічного складу та швидкості охолодження металу після нагрівання. За структурний критерій оцінки схильності сталі до утворення холодних тріщин при зварюванні був взятий вуглецевий еквівалент сталі (Ce), який розраховували за наведеною нижче формулою та  $W_{6/5}$ .

$$Ce = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15,$$

де C, Mn, Cr, Mo, V, Ni та Cu — масові частки (%) вуглецю, марганцю, хрому, молібдену, ванадію, нікелю та міді відповідно.

За результатами дослідження були встановлені умови, за яких ризик утворення холодних тріщин у зварних з'єднаннях зводиться до мінімуму.

При обмеженні  $W_{6/5}$  до  $10^\circ\text{C}/\text{с}$ , а вмісту дифузійного водню в наплавленому металі до  $4\text{см}^3/100\text{ г}$  рівень напружень, який метал ЗТВ зварних з'єднань зі сталей з вуглецевим еквівалентом  $Ce = 0,35-0,45\%$  може витримати без утворення холодних тріщин, становить  $0,9\sigma_{0,2}$ . Зі зростанням Ce вимоги щодо допустимого рівня залишкових напружень у зварних з'єднаннях зростають. При  $Ce = 0,45-0,55\%$  вони не повинні перевищувати  $0,7\sigma_{0,2}$ , а при  $Ce = 0,60-0,70\%$  —  $0,5\sigma_{0,2}$  металу ЗТВ.

Запобігти утворенню холодних тріщин у металі ЗТВ зварних з'єднань, що охолоджувалися зі швидкістю  $W_{6/5}$  більшою, ніж  $25^\circ\text{C}/\text{с}$ , та за вмісту дифузійного водню в наплавленому металі на рівні  $16\text{ см}^3/100\text{ г}$ , можна за умов, коли рівень залишкових напружень у з'єднаннях сталей з Ce  $0,35-0,55\%$  не перевищує  $0,4\sigma_{0,2}$ , а сталей з Ce понад  $0,70\%$  —  $0,2\sigma_{0,2}$ . Для ефективного регулювання швидкості охолодження з'єднань перед зварюванням їх підігрівають до певної температури, величину якої встановлюють експериментально.

За результатами наведених вище досліджень та з урахуванням встановлених особливостей структуроутворення в металі ЗТВ нових мікролегованих конструкцій сталей класу міцності С355—С490 було розроблено низку технологій їх зварювання, які в останні роки було впроваджено на підприємствах України при виготовленні металевих конструкцій. Зокрема, покриття на НСК «Олімпійський» у м. Києві зроблено зі сталі класу міцності С355, що виготовляється за EN10025-2 (марка S355J2); прогінні споруди Подільського мостового переходу в м. Києві виготовлено зі сталі класу міцності С490 (марка 06Г2Б); для виготовлення вагонів платформ для залізничного перевезення 40-фунтових контейнерів уперше на теренах країн СНД використано сталь класу міцності С460 (марка 10Г2ФБ) [4].

Отже, виготовлення металоконструкцій з високоміцних конструкцій сталей за новітніми технологіями зварювання, дозволить зменшити їх питому металоємності, збільшити міцності, довговічності та конкурентну спроможність готової продукції.

#### **Література**

1. Позняков В.Д. Технології зварювання для виготовлення і ремонту металевих конструкцій із високоміцних сталей. Вісник НАН України, 2017, № 1 С.64-70.
2. Позняков В.Д., Жданов С.Л., Максименко А.А. Структура и свойства сварных соединений стали С390 (S355J2). Автоматическая сварка. 2012. № 8. С. 7—11.
3. Макаров Э.Л. Холодные трещины при сварке легированных сталей. М.: Машиностроение, 1981.
4. Позняков В.Д., Жданов С.Л., Синеок А.Г., Максименко А.А. Опыт применения стали S355J2 в металлоконструкциях перекрытия над НСК «Олимпийский» (г. Киев). Автоматическая сварка. 2011. № 6. С. 54—55.

УДК 631.316.022.4: 001.57

Я.Л. Косар

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНО – ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ СТРІЛЧАТОЇ ЛАПИ

J.L. Kosar

### MODELLING OF STRESS-STRAIN STATE OF THE PAW - ARROW

Моделювання стрілчатої лапи проводимо за допомогою системи тривимірного моделювання SolidWorks. Для цього створюємо твердотільну модель стрілчатої лапи, завантажуємо 3D – модель лапи у модуль Simulation та створюємо сітку кінцевих елементів на 3D-моделі лапи (рис. 1, а). Задаємо умови закріплення лапи (защемлення по отворах) та навантаження на різучі кромки стрілчатої лапи (рис. 1, б).

Аналіз напружено – деформованого стану (НДС) стрілчатої лапи проводимо за допомогою модуля кінцевоелементного аналізу Simulation, що входить до системи тривимірного моделювання SolidWorks. Результати розрахунку НДС стрілчатої лапи показано на рис. 1, в та рис. 1, г.

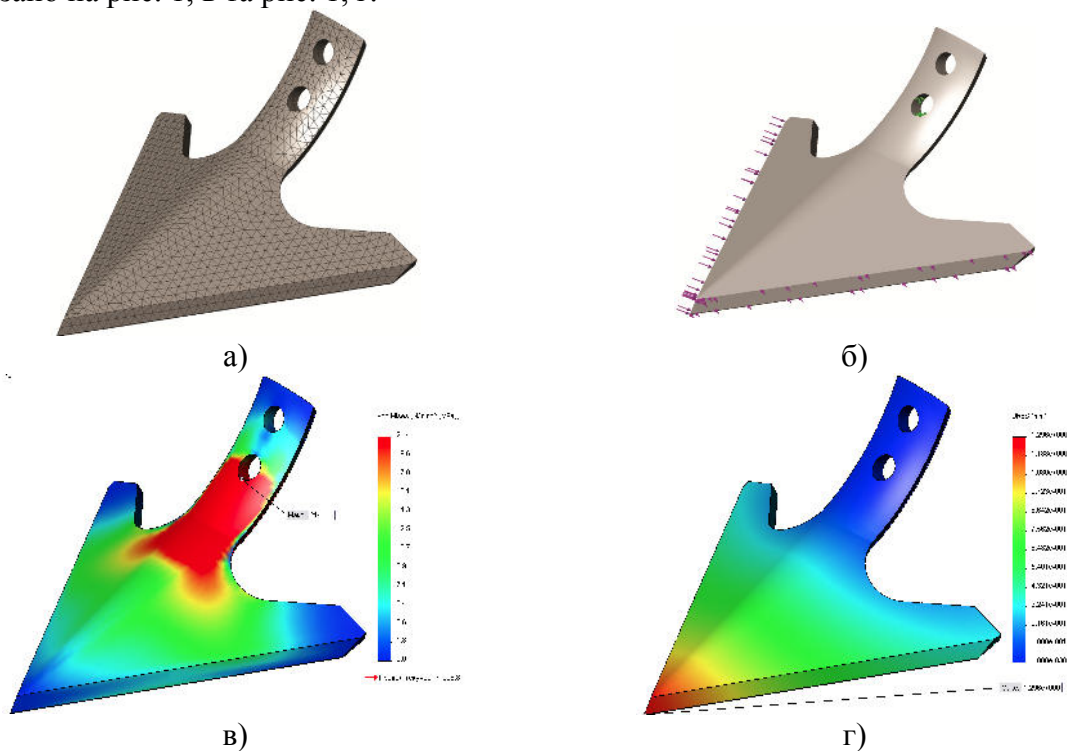


Рисунок 1. Моделювання НДС стрілчатої лапи

а – твердотільна модель лапи із сіткою кінцевих елементів; б – умови закріплення та навантаження лапи; в - епюра розподілу напружень; г – епюра переміщень.

За результатами розрахунку встановлено, що максимальні напруження у стрілчатій лапі становлять  $\approx 114$  МПа і виникають у місці кріплення лапи до стійки. Максимальне переміщення вільного носка лапи становить близько 1,3 мм.

УДК 631.356.26

**І. Прінь, М.Я. Сташків канд. техн. наук, доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО – ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ЦЕНТРАЛЬНОЇ БАЛКИ РАМИ КОРЕНЕЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ КС-6Б**

**I. Prin, M.Y. Stashkiv Ph.D., Assoc. Prof.**

### **ANALYSIS OF STRESS-STRAIN STATE OF THE BEAM OF FRAM OF BEET HARVESTER KS-6B**

Традиційним класичним методом розрахунку несучих конструкцій є розрахунки за допустимими напруженнями чи коефіцієнтом запасу міцності, що базується на припущенні про суцільність матеріалів, які використовуються при виготовленні конструкцій. Після статичного розрахунку рами машини з врахуванням коефіцієнтів динамічності та визначення внутрішніх силових факторів (бімоментів, згинальних моментів, крутних моментів, поперечних і повздовжніх зусиль), які діють у тонкостінних елементах конструкції, проводять аналіз напружено-деформованого стану рами і визначають максимально навантажені та небезпечні перетини її елементів.

Центральна балка основної рами машини КС-6Б є тонкостінним стержнем замкнутого коробчатого перетину (180×75×4 мм) із сталі 09Г2С, який підсилений ребром жорсткості (132×10×1700 мм) з цього ж матеріалу.

Для визначення оптимального поперечного перетину балки проведено статичний розрахунок на міцність із визначенням нормальних  $\Sigma\sigma$ , дотичних  $\tau_K$  та секторіальних  $\sigma_\omega$  напружень від дії згинальних, крутних та бі- моментів відповідно. Розрахунок проводили за допомогою програмного комплексу «Ліра».

Порівняння напружено – деформованого стану балки різних поперечних перетинів

Профіль балки	Напруження, МПа	Транспортний режим			Робочий режим			Площа, см <sup>2</sup>
		Номер вузла						
		1	2	3	1	2	3	
	$\Sigma\sigma$	37,7	36,8	35,1	40,4	60,3	40	32,96
	$\sigma_\omega$	0	0	0	74	0	48	
	$\tau_K$	0	0	0	22	0	14	
	$\sigma_e$	37,7	36,8	35,1	120,5	60,3	91	
	$\Sigma\sigma$	35	34	31	38	56	37	40,4
	$\sigma_\omega$	0	0	0	0	0	0	
	$\tau_K$	0	0	0	26	0	16,9	
	$\sigma_e$	35	34	31	59	56	47,2	
	$\Sigma\sigma$	88	84	81	94	137	87	13,78
	$\sigma_\omega$	0	0	0	0	0	0	
	$\tau_K$	0	0	0	20	0	13	
	$\sigma_e$	88	84	81	100	137	90	

За результатами розрахунку можна зробити висновок, що у балці різностінного прямокутного перетину виникають менші еквівалентні напруження (за рахунок відсутності напружень  $\sigma_\omega$  від депланації поперечних перетинів балки), але дещо зростає площа поперечного перетину, а відповідно й маса. У балці круглого поперечного перетину виникають більші напруження, ніж у балці різностінного поперечного перетину, але зате втричі зменшується площа поперечного перетину, що приводить до зменшення металомісткості конструкції при рівні допустимих напружень  $[\sigma]=210$  МПа.

УДК 621.791.927.7

**Ч.В.Пулька докт. техн. наук, проф., М.Б.Дранівська, В.В.Соловій, М.В.Гетманчук**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **КЕРУВАННЯ ПЕРЕНОСОМ МЕТАЛУ В АКТИВНИХ ЗАХИСНИХ СЕРЕДОВИЩАХ**

**Ch.V. Pulka Dr., Prof., M.B. Dranivska, V.V.Solovyuy, M.V.Getmanchuk**  
**HANDLING OF METAL TRANSFER IN ACTIVE SAFETY ENVIRONMENTS**

Зварювання у вуглекислому газі виконується, як правило, постійним струмом зворотної полярності в більшості випадків дротом суцільного перерізу. Промислове застосування знайшли дві різновидності процесу: зварювання короткою дугою ( процес з частими періодичними замиканнями дугового проміжку) і зварювання довгою дугою на підвищених густинах струму. Процес зварювання короткою дугою характеризується високими технологічними властивостями. Зварювання на високих густинах струму в електроді ( $I=150 \text{ А/мм}^2$ ) характеризується підвищеною проплавляючою здатністю і невеликими втратами розплавленого металу на розбризкування. Однак цей процес доцільно використовувати для товщин вище 8,0 мм.

Більшість зварних конструкцій в автомобілебудуванні, тракторному і сільськогосподарському машинобудуванні, кораблебудуванні виготовляються з металу товщиною 3-8 мм і зварюються у вуглекислому газі в діапазоні режимів зварювання 250-450А. Зварювання у вуглекислому газі довгою дугою електродними дротами діаметром 1,6 і 2,0 мм. на струмах 250-450А здійснюється без замикання або з частковими замиканнями дугового проміжку: для цих струмів характерне підвищення розбризкування і погане формування швів.

Зварювання активованим дротом у вуглекислому газі доцільно здійснювати на струмах вище критичного ( 330-350А і 410-430А для дротів діаметром 1,6-2,0 мм. відповідно ), наближених до режимів зварювання на підвищених густинах струму, формування шва при цьому задовільне, розбризкування металу 3-5%. Зварювання активованим електродом металоконструкцій товщиною до 6,0 мм складно із-за високої проплавляючої здатності дуги.

При зварюванні в активних захисних газах на струмі прямої і зворотної полярності накладання імпульсів струму з параметрами, які використовуються для зварювання в аргоні, не забезпечує керований перенос металу. Це пов'язано з розбіжністю в поведінці дуги і формуванні крапель в аргоні і активних захисних газах.

В аргоні на докритичному струмі зворотної полярності, коли спостерігається крупнокрапельний перенос металу, крапля зростає, розміщуючись симетрично відносно електрода, і весь час вмикаючи перенос, являється охоплюючою дугою. При зварюванні у вуглекислому газі спостерігається інтенсивний рух дуги з швидкістю 0,45 – 4,3 м/с на катоді 0,95 – 7,5 м/с на аноді (дріт Св-08Г2С,  $d_e= 2 \text{ мм}$ ). Крапля формується, як правило, на боковій поверхні електрода і її перенос часто проходить за межами стовпчика дуги. При зварюванні в аргоні струмом зворотної полярності можна в широких межах змінювати базовий струм, а також струм в імпульсі. В цьому випадку функції плавлення і переносу металу можуть бути розділені в часі, тобто плавлення може здійснюватися в основному базовим струмом, а перенесення металу імпульсним. В активних газах внаслідок явища блукання дуги плавлення і перенесення металу повинні здійснюватися на струмі, вище критичного.

УДК 621.791.927.7

**Ч.В. Пулька докт. техн. наук, проф., М.В. Шарик, М.А. Семенчук, М.Й. Пагутяк**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **КЕРУВАННЯ ПЕРЕНОСОМ ЕЛЕКТРОДНОГО МЕТАЛУ ПРИ ДУГОВОМУ ЗВАРЮВАННІ**

**Ch.V.Pulka Dr.,Prof., M.V. Sharyk, M.A.Semenchuk, M.Y. Pagutiak**  
**HANDLING OF ELECTRODE METAL DURING ARC WELDING**

Для отримання керованого переносу металу при дуговому зварюванні плавким електродом застосовують різні способи керування: механічне, електричне, магнітне і комбіноване.

Механічне керування переносом металу здійснюється при електродуговому наплавленні, яке виконується в періодичному вимушеному замиканні і розмиканні дугового проміжку. При цьому перенесення металу з електроду в зварювальну ванну відбувається під час короткого замикання. Амплітуда вібрації електроду мала і складає 0,5-2,0 мм., а частота до 100 коливань /с. Відомі деякі механічні і електромеханічні системи, які створюють певні передумови для керування переносом розплавленого металу при зварюванні як короткою так і довгою довжиною дуги завдяки поступово-перервному (імпульсному) руху кінця електроду. Можливість використання інерційних сил для переносу металу може бути реалізована завдяки програмування швидкості подачі електродного дроту з використанням мало інерційних без редукторних приводів, які не містять обертаючих елементів. Однак у виробничих умовах такі системи поки-що застосування не знайшли.

На практиці дугового зварювання отримують розвиток способи керування зварювальною дугою [1, 2], які засновані на взаємодії власного магнітного поля дуги з магнітними полями керованих систем. Можливості створення нових ефективних способів керування процесами зварювання на цій основі дуже перспективні.

В роботах багатьох авторів показано, що під дією магнітного поля при зварюванні в захисних газах можна отримати дрібнокрапельне перенесення металу. Однак для практичного використання цього способу керування процесом зварювання необхідні подальші дослідження.

Для покращення технологічних характеристик дуги при зварюванні в активних газах застосовують різні способи керування електричними параметрами режиму. Для цього використовують різні способи живлення дуги пульсуючим або модульованим струмом. Модулювання струму при зварюванні у вуглекислому газі дозволяє знизити розбризкування металу і покращити формування зварних швів, проводити зварювання в вертикальному положенні, керувати плавленням і переносом металу. Основне призначення зварювання модульованим струмом періодична зміна кількості тепла, яке вводиться в зварювальну ванну для підтримання її при зварюванні в положеннях, відмінних від нижнього. Найбільш практичне застосування знаходить спосіб керування переносом металу шляхом накладання відносно потужних імпульсів струму на дугу.

### **Література**

1. Управление процессом дуговой сварки путем программирования скорости подачи электродной проволоки/ Б.Е.Патон, Н.М.Воропай, В.Н.Бучинский и др.// Автоматическая сварка, 2015, № 1, С.1-5.
2. Erdman – Iesnitzer F., Basler H.B. Bainflussung von Schutzgas – Schweißverfahren durch longitudinal Magniefelder // Technische Metteilungen, 2012, № 7, С.286-292.

УДК 621.791.927.7

**Ч.В. Пулька, докт. техн. наук, проф., В.С. Сенчишин, В.Я. Гаврилук, С.І. Книшук**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ В ЗОНІ НАПЛАВЛЕННЯ ТОНКИХ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ ІНДУКЦІЙНОГО НАГРІВАННЯ**

**Ch.V.Pulka Dr., Prof., V.S. Senchishin, V.Ya. Gavrilyuk, S.I. Knishuk**  
**TAKING TEMPERATURE IN THE AREA OF WELDING OF THE STRUCTURE  
THIN COMPONENTS USING INDUCTION HEATING**

При індукційному наплавленні важливе значення відіграє температурне поле на поверхні тонкої деталі, яка підлягає наплавленню, оскільки порошкоподібний твердий сплав в цьому випадку розплавляється від поверхні основного металу за рахунок теплопередачі. В залежності від розподілу температури досягається відповідно стабільність товщини шару наплавленого металу. Самою конструкцією індуктора дуже складно досягнути необхідного розподілу температури. Для цього використовують додаткові засоби для її керування. Тому для досягнення більш рівномірної температури по ширині зони наплавлення тонких дисків зубчатої форми запропоновано використання комбінованого екранування теплових та електромагнітних полів, тобто систему ПТЕЕ (індуктор, тепловий і електромагнітний екрани).

В даному випадку тепловий екран розташовується на торці і в нижній поверхні диска з протилежної сторони зони наплавлення, а електромагнітний екран – на торці диска. Тепловий екран зменшує конвективний теплообмін між поверхнями деталей і оточуючим середовищем, а електромагнітний екран регулює потужність електромагнітного поля на поверхні деталі. Така конструкція нагрівальної системи розширює технологічні можливості для досягнення більш рівномірної температури по ширині зони наплавлення. Вимірювання температури при індукційному наплавленні проводились за спеціально розробленою методикою. В якості термопар використовували хромель-алюмелеві електроди діаметром  $d=0,3$  мм, вихідні кінці яких виведені в коробку для під'єднання до вторинних приладів. Для запису температури в чотирьох точках використовували чотирьох каналний прилад Н338-4П.

Необхідно відмітити, що термопари вмонтовані в спеціальному пристрої з можливістю вертикального їх переміщення і підпружинені з метою надійного дотику спаю термопар з поверхнею деталі, яка підлягає наплавленню. З метою підсилення електрорушійної сили термопар використовували тензопідсилювач типу «Топаз-4-01» з регулюючим приладом живлення «Агат-7». При градуюванні термопар проводилося записування їх електрорушійної сили при різних температурах і цей запис співставлявся із записом електрорушійної сили контрольної термопари.

Точність контролю температури за допомогою термопар складала  $\pm 1\%$ . При вимірюванні температури в області, характерній для наплавлення, похибка складала  $\pm 12^\circ\text{C}$ . Розроблена методика дослідження температурного поля декількома термопарами одночасно по ширині зони наплавлення дозволяє дуже швидко досліджувати характер зміни температури при заміні деталей і конструкції індукторів та нагрівальних систем для розробки нових технологічних процесів індукційного наплавлення тонких плоских деталей, в тому числі і дисків, з урахуванням комбінованого екранування теплових та електромагнітних полів з використанням індукційного нагрівання.

УДК 624.014

**В.М. Солодкий, Л.А. Петровський, І.М. Підгурський**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМІВНОГО СТАНУ БАЛОК З ГОФРОВАНОЮ СТІНКОЮ**

**V.M. Solodkyi, P.L. Petrovskiy, I.M. Pidgurskiy**

### **MODELLING OF STRESS-STRAIN STATE OF SIN BEAM**

Ефективне використання комп'ютерних технологій [1, 2] для моделювання напружено-деформівного стану балок з гофрованою стінкою має велике значення для успішного проектування балок даного типу.

Метою дослідження є визначення алгоритмів моделювання фізичної моделі балки з різноманітними формами обрисів гофрованих стінок; визначення методів присвоєння для елементів моделі потрібних фізичних характеристик; виявлення найбільш оптимальних способів закріплення та навантаження конструктивного елемента, що дозволило б отримати більш точні результати розрахунків.

Під час проведення дослідження, за допомогою програмного комплексу AutoCAD 2016 створювалися тривимірні моделі балок з різною конфігурацією та геометрією гофрованої стінки (рисунок 1). Для подальшого розрахунку максимальних нормальних та дотичних напружень, а також визначення форм втрати стійкості, файли 3D моделі експортувалися в розрахунковий програмний пакет Ansys Workbench 14.5 (рисунок 2). За основу було прийнято шарнірно оперту, сталеву, тонкостінну балку двотаврового перерізу, прольотом 12000 мм, висотою 680 мм, товщиною стінки 3 мм, яка набувала прямокутних, трикутних, трапецевидних і синусоїдальних обрисів. Також було створено моделі із більш густим та менш густим кроком гофр.



Рисунок 1. 3D модель балки, створена в програмному комплексі AutoCAD

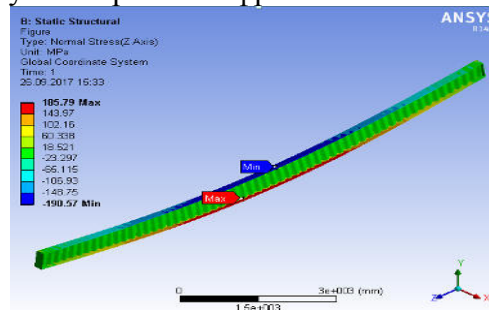


Рисунок 2. Розподіл нормальних напружень в балці з гофрованою стінкою

Виявлено, що створення 3D моделей краще проводити із використанням програмного комплексу AutoCAD 2016, який є найбільш зручним для даного виду проектних робіт. Відповідно до даного рішення, тривимірну модель потрібно зберегти у форматі \*.sat, що дозволить провести її подальший експорт в інші програмні комплекси, зокрема Ansys Workbench 14.5.

Результати досліджень доцільно застосовувати при створенні та розрахунку складних 3D моделей конструктивних елементів будівельної галузі.

### **Література**

1. Бруяка В.А. Инженерный анализ в Ansys Workbench. Часть 1 / В.А. Бруяка, В.Г. Фокин, Е.А. Солдусова, Н.А. Глазунова, И.Е. Адеянов. - Самара: Самар. гос. техн.ун-т, 2010. - 271 с.
2. Морозов Е.М. ANSYS в руках инженера: Механика разрушения. Учебное пособие / Е.М. Морозов, А.Ю. Муйземнек, А.С. Шадский. - М.: ЛЕНАНД, 2010. – 456 с.

УДК 539.42, 004.032.26,

О.П. Ясній докт. техн. наук, проф., І.С. Дідич

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна.

## ОЦІНКА ДОВГОВІЧНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ БАГАТОШАРОВИМ ПЕРСЕПТРОНОМ

O.P. Yasniy Dr., Prof., I.S. Didych

### EVALUATION OF STRUCTURAL ELEMENTS DURABILITY BY MULTILAYER PERCEPTRON

Дослідження втоми матеріалів – особливо актуальна задача механіки. Міцність та надійність елементів конструкцій варто оцінювати з огляду на велике число діючих чинників. Нейронні мережі (НМ) – новітній підхід, котрим можна з великою точністю розв'язувати задачі механіки матеріалів.

НМ нагадує людський мозок, котрий формують клітини (нейрони). Дані надходять у мережу, котра навчається на них, також, застосовано ідею синаптичних ваг [1].

Багатошарові НМ складаються з дуже великої, хоча й скінченної, кількості елементів, що утворюють вхідний шар, один або декілька прихованих шарів обчислювальних нейронів і одного вихідного шару. Вхідний сигнал передають по мережі у прямому напрямку – від шару до шару. Такі мережі, зазвичай, називають багатошаровими персептронами, котрими досить точно розв'язують різноманітні задачі. Архітектуру багатошарової НМ зображено на рис. 1 [2].

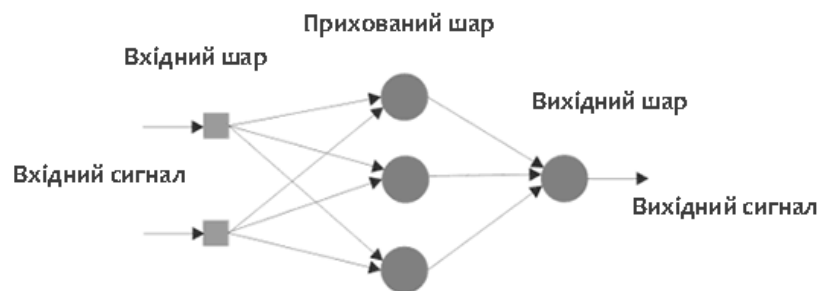


Рисунок 1. Архітектура багатошарової нейронної мережі

Таким чином, приховані шари не є частиною входу або виходу мережі. Перший прихований шар отримує сигнал із вхідного шару, після чого надсилає його на наступний прихований шар, і т.д., аж до виходу з мережі. Обчислювальна потужність багатошарового персептрона полягає у його здатності до навчання на власному досвіді та методі зворотного поширення помилки. Ідея останнього алгоритму ґрунтується на корекції похибки. НМ визначає коефіцієнти зв'язків між нейронами. Алгоритм багатошарового персептрона базується на наступних формулах:

$$NET_{jl} = \sum_i w_{ijl} \times x_{ijl},$$
$$OUT_{jl} = F(NE_{Tjl} - \theta_{jl}),$$
$$x_{ij(l+1)} = OUT_{il}$$

де  $i$  – номер входу;  $j$  – номер нейрона в шарі;  $l$  – номер шару;  $x_{ijl}$  –  $i$ -й вхідний сигнал  $j$ -го нейрона в шарі  $l$ ;  $w_{ijl}$  – ваговий коефіцієнт  $i$ -го входу  $j$ -го нейрона шару  $l$ ;



$NET_{jl}$  – сигнал NET  $j$ -го нейрона шару  $l$ ;  $OUT_{jl}$  – вихідний сигнал;  $F$  – нелінійна функція активації;  $\theta_{jl}$  – пороговий рівень даного нейрона.

Відомо, що помилки у нейронах вихідного шару виникають внаслідок невідомих помилок у нейронах прихованих шарів. Похибку вихідного нейрона обчислюють за формулою [3]:

$$E = \frac{1}{2} \sum_{p=225} (y_{prediction} - y_{true})^2,$$

де  $y_{prediction}$  – прогнозований елемент вибірки;  $y_{true}$  – реальне значення елемента вибірки;  $p$  – обсяг навчальної вибірки.

Швидкість РВТ оцінювали за допомогою багатошарової НМ. В якості входу в мережу скористалися експериментальними даними  $\Delta K$  та  $da/dN$  для алюмінієвого ступу Д16Т за коефіцієнта асиметрії циклу навантаження  $R = 0; 0,2; 0,4; 0,6$  [4].

На рис. 2 зображено прогнозовані та експериментальні дані десятичного логарифма швидкості РВТ  $da/dN$  від десятичного логарифма  $\Delta K$  для  $R = 0, 0,2, 0,4, 0,6$ .

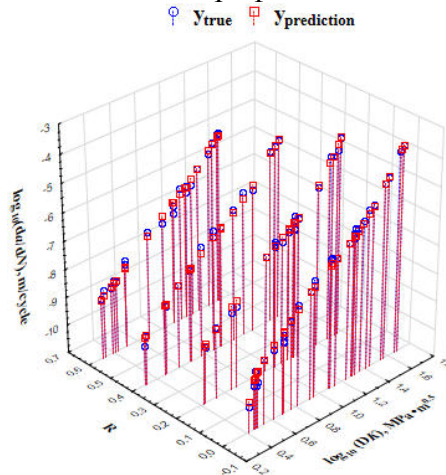


Рисунок 2. Прогнозовані ( $y_{prediction}$ ) та експериментальні ( $y_{true}$ ) залежності десятичного логарифма швидкості РВТ  $da/dN$  від десятичного логарифма  $\Delta K$  для  $R = 0; 0,2; 0,4; 0,6$

Отже, отримані результати показують, що багатошаровими НМ можна досить точно оцінювати поведінку РВТ. Зокрема, на даній вибірці досягнуто точність 97,5%.

### Література

1. Haykin S. Neural Networks: A Comprehensive Foundation / S. Haykin. – Prentice Hall, 1999.
2. Брынза Т. А. Сигмоидальные сети доверия в решении задач классификации / Т. А. Брынза, И. Ю. Бондаренко // Труды IV международной конференции «Информационно-управляющие системы и компьютерный мониторинг». – 2013. – С. 422-427.
3. Mohanty J. R. Application of artificial neural network for predicting fatigue crack propagation life of aluminum alloys / J. R. Mohanty, B. B. Verma, D. R. K. Parhi, D. R. Ray // Archives of Computational Materials Science and Surface Engineering. – 2009. –Vol. 1(3). – P. 133–138.
4. Ясній П. Вплив асиметрії циклу навантаження на характеристики циклічної тріщиностійкості алюмінієвого сплаву Д16Т / П. Ясній, Ю. Пиндус, В. Фостик // Вісник Тернопільського державного технічного університету. – 2007 – Т.12, №1. – С.7–12.

УДК 621.74

О.Г. Чернета канд. техн. наук., доц., Р.О. Рябозад, В.С. Шинкар  
Дніпровський державний технічний університет, Україна

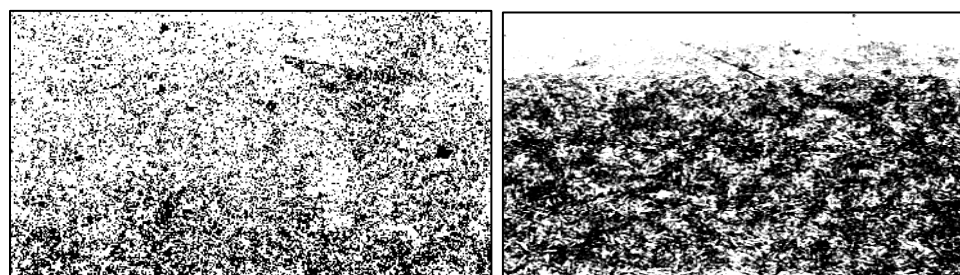
## АНАЛІЗ МІКРОСТРУКТУРИ ИЗНОСОСТОЙКИХ СЛОЕВ СТАЛИ 40X В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ

O.G. Cherneta Ph.D., Assoc. Prof., R.O. Ryabozud, V.S. Sheenkar

### THE ANALYSIS OF MICROSTRUCTURES WEAR LAYERS FROM THE STEEL 40X, DEPENDING OF TECHNOLOGICAL METHODS OF TREATMENT

Інтенсифікація виробництва, підвищення продуктивності праці, економія ресурсів – це задачі, що мають безпосереднє відношення до автомобільного транспорту. Однією з найважливіших проблем, що стоїть перед автотранспортом, є підвищення експлуатаційної надійності автомобілів. Вимоги до надійності автотранспортних засобів підвищуються в залежності від зростання швидкостей руху, інтенсивності руху, потужності і т. ін. Дослідження факторів, що сприяють руйнуванню робочих поверхонь деталей та вузлів автомобілів є важливим напрямом для розробки технологічних параметрів лазерної обробки зміцнення робочих поверхонь деталей автомобілів. Для основних руйнівних процесів, що впливають на ресурс роботи автомобільних деталей, можливо віднести наступні процеси: зміна міцності або порушення міцності, деформація, старіння, втомленість матеріалу деталей автомобілів, корозія, спрацювання внаслідок тертя [1]. Ці фактори пов'язані між собою у визначеній залежності. Найбільшому спрацюванню підлягають деталі двигуна та деталі ходової частини автомобіля. За характером руху при роботі трибоконтактуючих пар значну частину складають деталі, що постійно знаходяться в обертанні (колінчастий і розподільні вали, підшипники ковзання та кочення, зубчасті зчеплення і т.ін.), здійснюють циклічні пересування (зворотньо-поступовий рух) або сприяють їх впливу – поршневі кільця, клапани, поршні, гільзи і т.ін., а також деталі, що здійснюють складні комбіновані переміщення. Колінчастий вал автомобіля у ряді випадків виготовляють з легованої сталі 40X ГОСТ 4543-71[2, 3].

На рис.1. приведена фотографія загартованого шліфа із сталі 40X без лазерної обробки із збільшенням в 200 разів. Початкова структура мікрошліфа – феріто-карбідна. Мікротвердість, рівна 487,6 одиниць за Вікерсом на глибині близько 140 мкм. Мікротвердість на глибині 140 мкм поступово зменшується до HV-370. Середня мікротвердість зразків рівна HV-450



а. x 200

б. x 200

Рисунок 1. Мікроструктура поверхні валу-шестерні: а. - без лазерної обробки; б. - з лазерною обробкою.

. Вивчення мікроструктури поверхневого шару деталі з сталі 40X, обробленої за допомогою лазерного випромінювання (рис.1.б) показує, що на поверхні утворюється достатньо однорідний шар (мартенситні утворення) завглибшки близько 80 мкм (рис.1.3 а, б), який має структуру з рівномірно розподіленими частинками зміцнюючих фаз і слабо тріється в порівнянні з металом основи [4].

За ним розташовується підшар – бейніт, товщина якого складає 35 мкм. Далі розташована початкова феріто-карбідна структура. Сталь 40X має ряд легуючих елементів, що підвищують мікротвердість зони лазерної обробки із-за концентрації мартенситу, який утворюється в поверхневих шарах деталі, нітридів і карбідних утворень, що містяться у відповідних прилеглих до мартенситних утворень зонах [5, 6]. Лазерна обробка проводилася при енергії накачування, рівною  $E_n = 10$  кДж, з кроком перекриття 3 мм. Зразок знаходився на відстані  $I = 50$  см від об'єктивної лінзи. Після лазерної обробки без оплавлення поверхневого шару була отримана поверхня із слідами лазерного зміцнення (плями діаметром 5 мм). Виміри твердості проводилися на зразках до і після лазерної обробки. З отриманих результатів можна зробити висновок, що мікротвердість після лазерного легування підвищується в середньому на 37% [7].

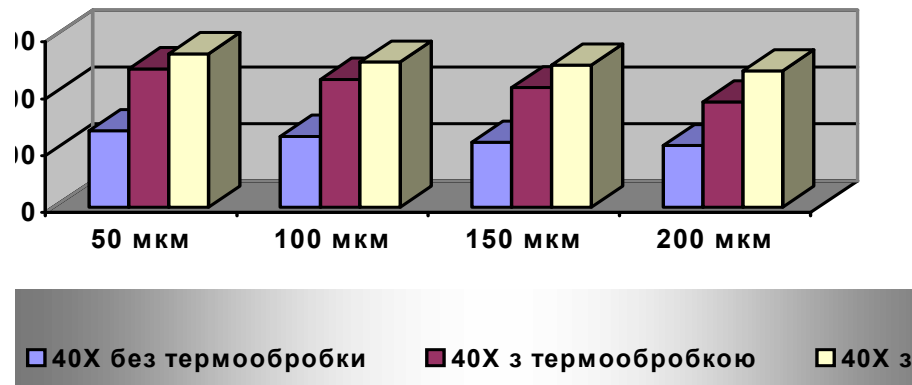


Рисунок 2. Діаграма змінення мікротвердості за глибиною (HV) поверхні валу в залежності від термічної обробки

Мікротвердість підшару відрізняється від обробленої зони - HV-549, а основної структури складає HV-406. В результаті проведених досліджень по вивченню впливу лазерної обробки на підвищення зносостійкості і мікротвердості сталі 40X були одержані наступні результати: - розроблена технологія лазерного зміцнення робочих поверхней із сталі 40X; - мікроструктура після лазерної обробки змінюється і з'являються нові утворення – гарденіт и бейніт; мікротвердість зразків, що досліджуються після обробки імпульсним лазером збільшується у 1,5 рази.

#### Література

1. Петров С.В., Коржік В.Н., Горбань, Демідов В.Д., Новоселів А.В Газотермічні покриття для зміцнення важко навантажених деталей могутніх дизелів // Зміцнюючі технології і покриття (Науково-технічний і виробничий журнал) 2005 №6, 20-29с.
2. Крапошин В. С. Термічеськая обробка сталі і сплавів із застосуванням лазерного променя і інших прогресивних видів нагріву. Підсумки науки і техніки. Металознавство і термічна обробка. – М.-Т21; 1987.- 144с.
3. Попов А.А., Попова Л.Е. Изотермічні і термокінетические діаграми розпаду охолодженого аустеніту. Довідник терміста. – М.: Машгиз, 1961.-480 с.
4. Завьялов А.С., Теплухін Г.Н., Габєєв К.В. Умови і механізм утворення безструктурного мартенситу (гарденіта). Металознавство і термічна обробка металів.- №10.-1979.-11-12с.
5. Леонтєв П.А, Н.Т. Чеканов, М.Г. Хан Лазерна поверхнева обробка металів і сплавів. – М., «Металургія», 1986.- 144с.
6. Коваленко В.С., Головка Л.Ф., Меркулов Г.В., Зміцнення деталей променем лазера. Техніка, 1981.-131с
7. Малов М. А. Короткий довідник металіста, Машинобудування, 1976. –767с.

**УДК 669.136.9**

**Б.П.Середа докт. техн. наук., проф., І.В. Кругляк, О.В. Кочнева, А.А. Коровкін**  
Дніпровський державний технічний університет, Україна

## **ОТРИМАННЯ ЗНОСОСТІЙКИХ СИЛІЦІЙОВАНИХ ПОКРИТТІВ ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ АВТОТРАНСПОРТНОЇ ТЕХНІКИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

**B.P. Sereda Dr., Prof., I.V. Kruglyak, O.V. Kochneva, A.A. Korovkin**  
**RECOMMENDED USE OF SENSITIVE SILICATED COATINGS FOR PARTS OF  
MOTOR VEHICLE EQUIPMENT FOR AGRICULTURAL APPLICATION**

Від правильного вибору складу захисних покриттів для деталей автотранспортної техніки сільськогосподарського призначення залежить ефективність кінцевого результату – довговічність їх при мінімальних затратах. Застосування нових технологій формування зносостійких покриттів, на основі кремнію, отриманих в умовах СВС потребує досконалого вивчення та дослідження. Аналіз літературних джерел [1-4] показує, що в теперішній час існує багато методів дифузійного насичення поверхні сталі кремнієм. Загальним для них є проведення процесу насичення при високих температурах, коли запас вільної енергії системи достатньо великий для протікання дифузії в твердій фазі.

Відомі методи силіціювання порошкових сумішей відрізняються великим часом проведення процесу, який досягає 8-10 годин, в зв'язку з цим актуальним є використання технологій, які дозволяють отримувати покриття при мінімальному часі їх формування. Однією з таких технологій є отримання силіційованих покриттів саморосповсюджувального високотемпературного синтезу (СВС) [5-8].

В роботі покриття отримувалися на конструкційні матеріали, що широко застосовуються у деталях автотранспортної техніки сільськогосподарського призначення виготовлених зі сталей: 20Х, 40Х, 35ХГСА, 60С2А.

Процес проводили в реакторі відкритого типу, при температурах 900-1050 С. В якості насичуваного середовища використовували суміш порошків дисперсністю 250-400 мкм слідуєчих матеріалів: використовували Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - оксид хрому (III), Al - алюміній марки АПВ, Si - кремній марки Кр1, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - оксид алюмінію (III), SiO<sub>2</sub> - оксид кремнію, Ti - титан марки ПТХ5-1, J2 - металевий йод, NH<sub>4</sub>Cl – хлористий амоній. В результаті мікрорентгеноспектрального та рентгеноструктурного аналізу встановлено фазовий склад отриманих захисних покриттів в умовах теплового самозаймання СВС шихт, які складаються: для титанохромоалюмосиліційованого покриття з: силіцида (Ti, Fe<sub>5</sub>Si<sub>3</sub>) та α - твердого розчину титану, кремнію, алюмінію та хрому; для борохромоалюмосиліційоване покриття з: легованого хромборида, рівномірно розповсюдженого в покритті кремністого фериту. Мікротвердість титанохромоалюмосиліційованого покриттів на поверхні зразків складає Н100 = 9700 – 10000 МПа; борохромоалюмосиліційованих Н100 = 13400 – 15600 МПа; хромоалюмосиліційованих покриттів Н100 = 7300 – 6400 МПа

В результаті моделювання по пошуку СВС-шихт, були отриманні склади СВС-шихт для отримання захисних зносостійких покриттів на сталях. Встановлено, що зносостійкість отриманих покриттів вища в 1,7 – 2,1 раз в порівнянні з покриттями отриманими в ізотермічних умовах.

### **Література**

1. Кругляк И.В., Серeda Б.П., Кругляк Д.О. Получение многокомпонентных силицированных покрытий в режиме горения СВС-систем. «Перспективні технології та прилади» // м. Луцьк червень 2017р. – Луцьк: Луцький НТУ, 2017. – 226 с.
2. Химико-термическая обработка металлов. Лахтин Ю.М., Арзамасов Б.Н. //М.: Металлургия, 1985. – С. 256.
3. Лахтин Ю.М. Металловедение и термическая обработка металлов. //М.: Металлургия, 1994. – С. 494.
4. Сыркин В.Г. CVD – метод. Химическое парофазное осаждение. //М.: Наука, 200. – С. 496.
5. Борисенко Г.В., Васильев Л.А., Ворошин Л.Г. и др. Химико-термическая обработка металлов и сплавов. //Справочник. М.: Металлургия, 1981. – С. 424.
6. Мержанов А.Г. Твердо-пламенное горение / Мержанов А.Г. – Черноголовка: ИСМАН, 2000. – 244 с.
7. Sereda B.P. Obtaining of Boride Coatings under SHS Conditions for Car Parts / Sereda D., Sereda B. //Material science and technology – 2016. Salt Lake City, Utah USA 2016 – 1339 p. – P. 945-948.  
Sereda B., Sereda D. Advanced Chromoaluminizing Coatings for Wear and Heat-resistance on Composite Materials under SHS. Material science and technology 2015. Conference and Exhibition. Columbus, OH,USA. 1821p. P.229-232.

**Секція: СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ В БУДІВНИЦТВІ, МАШИНО- ТА ПРИЛАДОБУДУВАННІ**

**UDC 621.81**

**L.M. Danylchenko Ph.D., Assoc. Prof., I.M. Kuchvara Ph.D., Abdulazeez Babatunde Azeez**

Ternopil Ivan Pul'uj national technical university, Ukraine

**RESEARCHES ON SINGLE POINT CUTTING TOOL DEFLECTION**

**Л.М. Данильченко канд. техн. наук, доц., І.М. Кучвара канд. техн. наук, Абдулазіз Бабатунде Азіз**

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОГИНУ ОДНОЛЕЗВІЙНОГО РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ**

Firstly the cutting forces were measured using dynamometer which is taken from reference, then finite element method (FEM) was used to obtain the cutting tool deflection which is finite element analysis (FEA). The FEA results were then validated using cantilever beam model results. The predicted results from FEA were very close to the theoretical study. Though the prediction from FEA and the theoretical results are reasonably accurate.

The researches of single point cutting tool deflection is important on the basis of accuracy. Cutter deflection consist of different directional deformation such as axial deformation, tangential deformation, radial deformation due to cutting forces exist during cutting. Also other factors like depth of cut, cutting speed, and feed also effects on the accuracy of ideal geometry. However, the deflection of tool under the action of cutting forces could be beyond acceptance level especially when the geometric condition of tool is changed. Over the years many researchers focused to compensate many different factors affected by cutting forces and geometrical changes of tool. Flank wear of single point cutting tool due to cutting forces by varying side cutting edge angle can be calculated by using shear area of cutting process [1]. Cutting force varies as there is change in cutting condition such as width of cut, thickness of cut, feed, depth of cut and tool cutting edge angle. So the cutting forces are influenced not only by the cutting condition but also the cutting edge geometry and material of workpiece [2]. Cutting parameters have influence tool temperature, tool wear, cutting forces and surface roughness of carbide coated tools [3]. Using von-Misses theory tool life's increment can be achieved by increasing back rake angle. The resultant von-Misses stress can be calculated using FEA simulation [4]. Deflection of tool effects on their tool life, surface roughness and dimensional correctness. The results can be calculated using Taguchi's experimental design method and FEM analysis using ABAQUS finite element program. Analytical solution may not predict the deflection very accurately whereas the more realistic prediction by FEA requires extensive computational time and space. Thus the tool deflection can be predicted by FEA prediction and results may compared and validated with beam model. Cantilever beam model predicts the deflection to very close accuracy similar to finite element. The predicted deflections in axial, radial, tangential directions by FEA can assimilated to Beam model results at different side cutting edge angle and increasing side rake angle for single point cutting tool for steel materials.

**References**

1. C.S. Chang, K.H. Fuh. A force model of single point cutting tool with a chamfered main cutting edge. Journal of Materials Processing Technology, 1997. - Vol. 4.
2. R. Miroslav. Experimental determination of cutting forces by longitudinal turning of C60E steel. Romanian Technical Science Academy, 2006. - Vol. 2.
3. F. M. Aherio et al. Turning hardened steel using coated carbide at high cutting speed. Journal of the Brazilian society of Mechanical Science and Engineering, 2009. - Vol. 2.
4. D. Lathwal, D. Bhardwaj. Study and analysis of single point cutting tool under variable rake angle. IJRASET, 2013. - Vol. 1, issue 1.

**УДК 624.012**

**O.V. Harkava Ph.D., A.O. Alkelani, B. Balakumar Vijiylishme**  
Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, Ukraine

## **REVIEW OF ENERGY-EFFICIENT PRECAST FRAME STRUCTURES FOR RESIDENTIAL BUILDINGS**

Each building type requires a different building system with suitable structural elements. At the beginning of the planning stage, it is necessary to determine which building types are built in order to find the most energy-efficient building system apart from the building type, climatic conditions like wind loads, seismic loads, temperature etc.

Every building system has its specific guidelines and regulations which need to be considered in order to use it efficiently. In some countries, norms and guidelines need to be adapted to the precast concrete construction method or be established in the first place.

The precast concrete construction method takes into account the entire costs for the shell, like material savings, lower costs for site equipment due to a shorter construction time, earlier utilization of the buildings, less maintenance etc. and not only the m<sup>2</sup> of wall or floor as it is done for other building materials.

The use of precast frame structural systems for residential construction is one of the best ways to increase their energy efficiency. This improvement is possible due to the possibility of applying of materials with the lowest thermal conductivity for the frame fillings. This raises the problem of finding the most optimal frame structure that would satisfy the needs of housing construction, namely: providing free planning of apartments and transforming apartments for any purpose, ensuring the autonomy of its heating.

Among the frame structural systems that meet these requirements to some extent are the following: Deltabeam Frame [1], Dycore System [2], Filigree Wideslab System [3], Uncapital Ungirder Frame Structure [4] and others.

Deltabeam Frame is a composite slim-floor system for multi-storey buildings of any kind. It allows flexible lay-outs through the whole life cycle of the building, and easy HVAC installation. The Deltabeam Frame is formed by Deltabeam Composite Beams and Composite Columns, which are connected using standardized connections, and other steel structures required for the building's frame. Deltabeam Composite Beam is designed to be used as a structural element combined with all general concrete slab types: hollow-core slab, filigran slabs, composite steel decking, trapezoidal steel decking slabs, and cast-in-situ concrete slabs. It enables the usage of shallow element structures and strengthens the frame structure inside the slab [1].

The key precast elements of Dycore System include shallow soffit beams, high strength Dycore floor slabs, and multi-story columns cast with blockouts at the beam level. The precast beam and floor members serve as stay-in-place forms for composite cast-in-place concrete. Connections are also composed of cast-in-place concrete [2].

The Filigree Wideslab System employs reinforced precast floor panels that serve as permanent formwork. The panels are composite with cast-in-place concrete and contain the reinforcement required in the bottom portion of the slab. They also contain a steel lattice truss, which projects from the top of the precast unit. The steel truss ensures composite behavior between precast and cast-in-place concrete and provides the unit with stiffness during erection [3].

Uncapital Ungirder Frame Structure is one of the modern systems that have achieved excellent results in construction in a large number of countries in the world in general and in Ukraine in particular. This structural system is a flat reinforced concrete slab directly con-

nected to the columns by progressive decisions of their joints. Beams, columns, consoles and capitals are absent in Uncapital Ungirder Frame Structure. It allows the fast transform a space for the new designation, provides automation of heating. The use of this structural system is also one of the ways of renewal industrial production for manufacturing of precast reinforced concrete that will significantly save energy.

Interfloor overlapping used in buildings with Uncapital Ungirder Frame Structure (Fig. 1) consists of three types of precast concrete slabs: overcolumned (2), intercolumned (3) and middle (4). Overcolumned slabs (2) are fixed by welding embedded casing in slab to the reinforcement of columns (1) and the assembly formed intervals of 20 mm between columns and slab casing and between the slabs are filled with a high-strength finegrained concrete. In this case, in concreted spaces keys are formed, concrete of which is self-reinforced due to the work in conditions of full compression.

The vertical load-bearing elements of the frame are multi-story reinforced concrete columns, and partially reinforced concrete stiffening diaphragms. Jointing of columns is compulsory due to entering the bar-lock of the bottom end of the upper column in slot of the top end the bottom column.

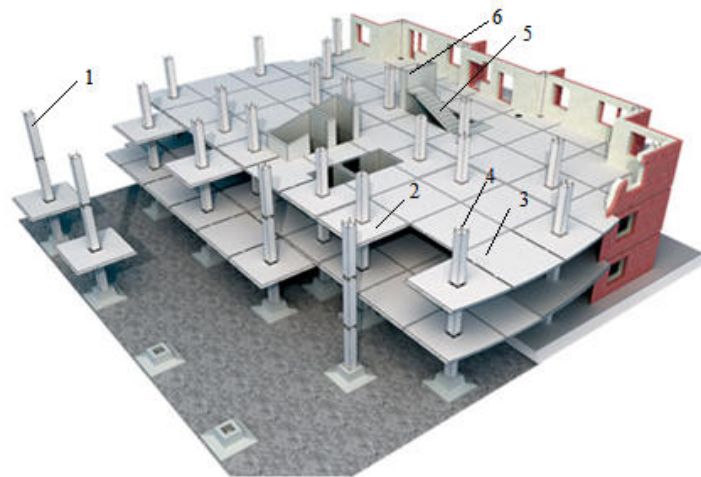


Figure 1. Scheme of Uncapital Ungirder Frame Structure for residential building:  
1 – column; 2 – overcolumned slab; 3 – intercolumned slab;  
4 – middle slab; 5 – staircase; 6 – diaphragm

A comparative analysis of these and other structural systems has shown that Uncapital Ungirder Frame Structure is the most suitable for energy-efficient residential construction in Ukraine. Practice has confirmed its significant advantages in architectural planning and design solutions of residential buildings in comparison with other structural systems.

#### **References**

1. Deltabeam. Composite beam : designer manual [Electronic resource]. – Access mode: <http://materials.crasman.fi/materials/extloader/?fid=3962&org=2&chk=1b9c49ab>.
2. Prior Richard C. Identification and Preliminary Assessment of Existing Precast Concrete Floor Framing Systems [Electronic resource]. – Access mode: <http://preserve.lehigh.edu/etd/213>.
3. The Filigree Wideslab Method of Concrete Deck Construction [Electronic resource]. – Access mode: <http://filigreeinc.com>.
4. Pavlikov A.M. Industrial Uncapital Ungirder Frame Structure for Residential Buildings [Electronic resource]. – Access mode: [http://znp.pntu.edu.ua/files/archive/ua/47\\_2016/14.pdf](http://znp.pntu.edu.ua/files/archive/ua/47_2016/14.pdf).



**UDC 624.074**

**L.I. Storozhenko Dr., Prof., G.M. Gasii, Ph.D., Assoc. Prof.**  
Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, Ukraine

## **COMBINED CABLE SPACE FRAMES FOR AGRICULTURAL BUILDINGS**

**Л.І. Стороженко докт. техн. наук, проф., Г.М. Гасій канд. техн. наук, доц.**  
**ПРОСТОРОВІ СТРУКТУРНО-ВАНТОВІ КОМБІНОВАНІ КОНСТРУКЦІЇ ДЛЯ**  
**СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ БУДІВЕЛЬ**

Improvement of agricultural branch beside technological modernization requires agricultural buildings modernization, build up or repair current construction. The designs that absolutely accomplish the needs of modern agricultural production are the combined cable space frames [1–20]. That designs are compound of steel space grid structures, cables, and slabs that are used not only defend the interior space of the building from aggressive external factors, like rain, snow, and other effects, moreover, they are used as bearing element. The slab of combined cable space frames can be manufactured of concrete, plastic, glass, and other novel materials. The choice of material for combined cable space frames is determined by a function of a building [2, 3, 5, 6, 9]. Combined cable space frames have been invented by authors in Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University and had been completely patented.

The aim of the investigation is to show the new type of the combined cable space frames made from novel and strength materials for agricultural construction. The innovation of the combined cable space frames consists of efficient operation properties of materials [4, 10, 11, 13, 15]. The combined cable space frames consists of three kinds structural elements: plates, lattice and cables. The lattice is made from member of tubes. The plates are used as the top chords, lattice is used as diagonals and cables are used as flexible bottom chords [8, 20]. The choice of joints routinely depends on the function of buildings, their span, and shape but favorite are bolted connections [12, 16, 17, 19, 20]. The combined cable space frames have numerous of shapes [5, 6, 9, 14, 17, 18]. The combined cable space frames may be used to covers both large and small span buildings [14]. Manufacturing of combined cable space frames can be achieve in the plants or building site. Construction of the combined cable space frames is perform by the methods described in [7].

The combined cable space frames are the novel structures, which have significant advantages; in particular, they are lighter and have lower complexity of manufacturing and assembly than analogues. This structural concept makes it possible to save materials due to the rational using of them.

### **References**

1. Gasii G. Estimate of technical and economic benefits of a new space composite structure / G. Gasii, O. Hasii, O. Zabolotskyi // MATEC Web of Conferences. – 2017. – №116.
2. Gasii G.M. Comparative characteristics of the spatial grid-cable steel-concrete composite slab / G.M. Gasii / Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Теорія і практика будівництва. – 2016. – №844. – С. 260–265.
3. Gasii G.M. Connections systems of the composite cable space frame / G.M. Gasii // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2017. – Т. 22. – №1. – С. 5– 10.
4. Gasii G.M. Study of behavior of flexible rods as a part of the steel and concrete composite cable space frame / G.M. Gasii // Construction, materials science, mechanical engineering. – 2017. – №100. – P. 64–69.
5. Gasii G.M. The flat double-layer grid-cable steel-concrete composite / G.M. Gasii // Proceedings of the METNET Seminar 2016 in Castellon. – Hämeenlinna, Finland: HAMK University of Applied Sciences, 2016. – P. 56 – 62.

6. Gasii G.M. Types of steel and concrete composite cable space frames / G.M. Gasii // Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport. – 2016. – №6 (66). – P. 158 – 165. DOI: 10.15802/stp2016/90514
7. Gasii G.M. Installation technology of composite steel and concrete grid-cable coverings / G.M. Gasii // Вісник СНАУ. – 2014. – №10. – С. 204–207.
8. Storozhenko L.I. Analysis of stress-strain state of the steel-concrete composite ribbed slab as a part of the spatial grid-cable suspended structure / L.I. Storozhenko, G.M. Gasii // Academic journal. Industrial Machine Building, Civil Engineering. – 2016. – №2. – P. 81–86
9. Гасій Г.М. Основи формотворення і проектування просторових покриттів із структурно-вантових сталезалізобетонних конструкцій / Г.М. Гасій // Строительство, материаловедение, машиностроение. – 2016. – №87. – С. 48–53.
10. Гасій Г.М. Аналіз напружено-деформованого стану трапецієподібної сталевієї пластини вузла з'єднання елементів нижнього пояса експериментальної структурно-вантової сталезалізобетонної циліндричної оболонки / Г.М. Гасій // Збірник наукових праць УкрДУЗТ. – 2016. – №162. – С.41–47.
11. Гасій Г.М. Експериментально-теоретичні дослідження напружено-деформованого стану плити структурно-вантової сталезалізобетонної конструкції / Г.М. Гасій // Збірник наукових праць УкрДУЗТ. – 2017. – №170. – С. 72–78.
12. Гасій Г.М. Проектування опорного вузла структурно-вантової сталезалізобетонної вигнутої плити / Г.М. Гасій // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – 2016. – №32. – С. 129–136.
13. Гасій Г.М. Скінченно-елементний аналіз НДС вузла з'єднання елементів верхнього пояса структурно-вантової сталезалізобетонної конструкції / Г.М. Гасій // Збірник наукових праць УкрДУЗТ. – 2017. – №171. – С. 69–76.
14. Стороженко Л.І. Великопролітні структурно-вантові сталезалізобетонні покриття для будівель і споруд аеропортів / Л.І. Стороженко, Г.М. Гасій // Проблеми розвитку міського середовища. – 2016. – № 2. – С. 72–79.
15. Стороженко Л.І. Визначення переміщень вузлів просторової структурно-вантової сталезалізобетонної конструкції експериментальним шляхом / Л.І. Стороженко, Г.М. Гасій // Збірник наукових праць УкрДУЗТ. – 2017. – №169. – С.118–128.
16. Стороженко Л.І. Дослідження напруженого стану елементів вузлових з'єднань структурно-вантових сталезалізобетонних покриттів на основі результатів моделювання умов їх роботи / Л.І. Стороженко, Г.М. Гасій // Містобудування та територіальне планування. – 2016. – №61. – С. 343–347.
17. Стороженко Л.І. Особливості будови та базові положення щодо проектування й виробництва просторової структурно-вантової сталезалізобетонної конструкції // Л.І. Стороженко, Г.М. Гасій // Промислове будівництво та інженерні споруди. – 2017. – №2. – С. 29–33.
18. Стороженко Л.І. Особливості конструктивного рішення та проектування повнорозмірного експериментального зразка структурно-вантового сталезалізобетонного покриття / Л.І. Стороженко, Г.М. Гасій // Збірник наукових праць. Серія: галузеве машинобудування, будівництво. – 2016. – №1. – С. 51–59.
19. Стороженко Л.І. Визначення геометричних параметрів сталезалізобетонних структурно-вантових елементів циліндричних покриттів / Л.І. Стороженко, Г.М. Гасій // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – 2015. – №31. – С. 511–516.
20. Стороженко Л.І. Особливості конструктивного рішення та проектування повнорозмірного експериментального зразка структурно-вантового сталезалізобетонного покриття / Л.І. Стороженко, Г.М. Гасій // Збірник наукових праць. Серія: галузеве машинобудування, будівництво. – 2016. – №1. – С. 51–59.

УДК 621.9.02

І.О. Андрієвський

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ СТАТИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ФРЕЗ

I.O. Andrievsky

### IMITATION MODELING OF THE STATIC PROCESS LOADING MILLING CUTTERS

У якості моделей імітаційного моделювання виступали типовий інструмент із ідентичними геометричними параметрами й розмірами і розроблювальний. Геометричні параметри різальної частини для двох конструкцій однакові: передній кут  $\gamma=100$  задній кут  $\alpha=11$ , передній кут фаски  $\gamma_f=50$ , ширина фаски  $f=0,5$ мм.

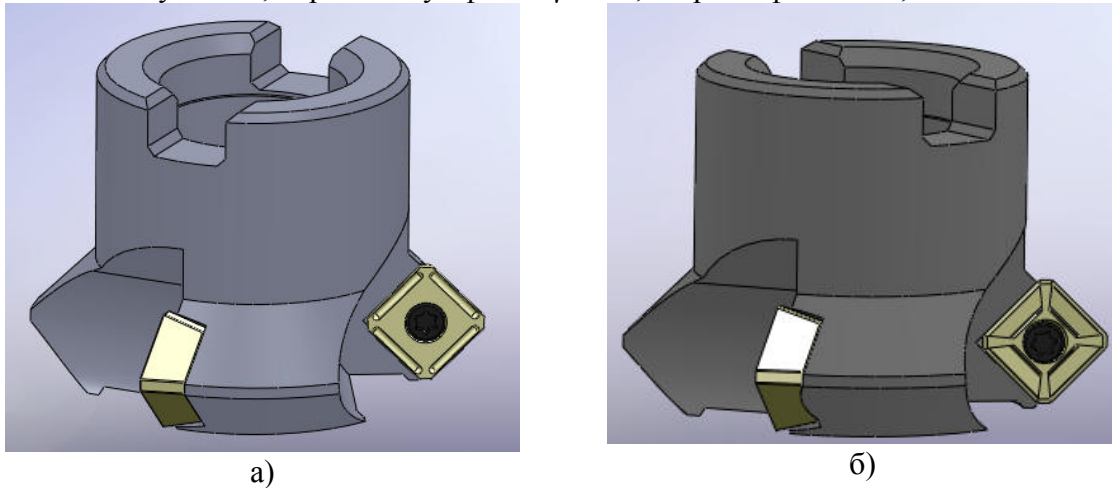


Рисунок 1. Загальний вид імітаційних моделей: а) базова конструкція, б) досліджувана конструкція.

Результатом імітаційного аналізу у пакеті Cosmosworks програми Solidworks 2008 стало визначення переміщення різальних кромки і визначення величин контактних напружень, що виникають на опорних поверхнях при імітації операції фрезерування. Моделі дослідження являють собою тривимірні конструкції інструмента, навантажені відповідно до даних умов роботи й відповідним чином зафіксовані, тобто корпус жорстко закріплений на оправці. Вихідні дані для виконання розрахунків: глибина фрезерування  $t=6$  мм, подача на зуб  $S_z=0,33$  мм, складові сил різання  $P_z=7200$  Н,  $P_y=2520$  Н,  $P_x=3600$  Н. Аналіз процесу результуючого переміщення передбачає дослідження впливу сил різання діючих у різних площях поверхні різальної пластини, на зміну відносного положення частин даних різальних інструментів. З аналізу епюр результуючих переміщень випливає, що найбільш навантаженими елементами конструкцій є передня й задня поверхні різальної пластини. Якщо розглянути графіки розподілу даних переміщень по різальній кромці твердосплавної пластини і графіки переміщень у пластині в нормальній перетині від упорної поверхні до різальної кромки, можна зробити висновок, що при рівномірному навантаженні переміщення в пластині збільшуються від упорної поверхні й досягають свого максимуму в різальній кромці, але розроблена конструкція вузла кріплення суттєво знижує переміщення різальної кромки в порівнянні з базовим варіантом.

УДК 624.012.25: 539.319

Є.М. Бабич докт. техн. наук, проф., С.В. Філіпчук канд. техн. наук, доц.  
Національний університет водного господарства та природокористування, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЗЧЕПЛЕННЯ АРМАТУРИ З ВИСОКОМІЦНИМ БЕТОНОМ

**Y.M. Babych Dr., Prof., S.V. Filipchuk Ph.D., Assoc. Prof.**  
**THE RESEARCH OF ARMATURE ADHESION WITH HIGH-STRENGTH  
CONCRETE**

Зчеплення арматури з бетоном є важливою якістю залізобетону, яка визначає його несучу здатність, жорсткість та тріщиностійкість, залежить від великої кількості факторів: міцності бетону, виду і діаметра арматури, довжини зароблення стержнів у бетон, товщини захисного шару бетону, характеру навантаження, тривалих процесів, гранулометричного складу суміші, природи наповнювачів, умов твердіння, розташування стержнів при бетонуванні тощо.

На сьогодні в певній мірі досліджено зчеплення арматури з бетоном класів до С60 залежно від основних факторів, таких як міцність бетону, діаметр арматури, довжин анкерування, характеристики профіля арматури [1].

Системний аналіз передбачає математичне моделювання, що дозволяє кількісно визначити характер і ступінь впливу окремих факторів на напруження зчеплення, а також їхню взаємодію. Цим вимогам відповідає матриця плану Бокса – Бенкіна [2].

Математична модель на підставі виконання математично планованого експерименту знаходиться у вигляді поліному

$$\hat{y} = b_0 + \sum_1^k b_i x_i + \sum_1^k b_{ij} x_{ij} + \sum_1^k b_{ii} x_i^2 + \dots, \quad (1)$$

де  $\hat{y}$  – розрахункове значення параметра оптимізації;

$b_0, b_i, b_{ij}, b_{ii}$  – коефіцієнти регресії, які визначаються статистичним шляхом на підставі експериментальних даних;

$x_1, x_2, \dots, x_k$  – незалежні змінні, які можна варіювати при виконанні експерименту.

В планованому експерименті за фактори впливу (незалежні змінні) прийнято:  $x_1$  – діаметр стержнів;  $x_2$  – довжина анкерування стержня (довжина заробки стержнів в бетон);  $x_3$  – товщина захисного шару бетону.

Повні квадратичні рівняння регресії для описання максимальних напружень зчеплення можна записати у такому вигляді:

$$f_b = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_2^2 + b_{33} x_3^2 + b_{12} x_1 x_2 + b_{13} x_1 x_3 + b_{23} x_2 x_3 \quad (2)$$

де  $b_0, b_i, b_{ii}, b_{ij}$  – вільний член рівняння регресії та коефіцієнти лінійних, квадратичних факторів та факторів взаємодії.

$$b_0 = \frac{\sum_{i=1}^{n_0} f_{b0}}{n_0}; \quad (3)$$

$$b_i = T_3(i f_b); \quad (4)$$

$$b_{ij} = T_4(ij f_b) + T_5(\sum_{i=1}^3 (ij f_b) - T_2(0 f_b)); \quad (5)$$

$$b_{ij} = T_6(ij f_b), \quad (6)$$

де  $f_{b0}$  – вихідні параметри на нульовому рівні;

$n_0$  – кількість дослідів на нульовому рівні (кількість нульових точок);

$i, j$  – номери дослідів (в дослідях  $i = 1 \dots 3; j = 1 \dots 3$ );

$f_b$  – вихідні параметри (експериментальні дані);

$T_2; T_3; T_4; T_5; T_6$  – розрахункові значення параметрів, які визначаються для конкретних планів методами математичної статистики.

Вільний коефіцієнт, який визначений за формулою (3) за результатами дослідів в нульових точках виявився рівним  $b_0 = 9,45$  МПа. Інші коефіцієнти визначали за формулами (4) – (6), в яких розрахункові параметри для визначення коефіцієнтів знаходилися за формулами:

$$(i f_b) = \sum_1^N x_i f_{bm}; \quad (7)$$

$$(ij f_b) = \sum_1^N x_i^2 f_{bm}; \quad (8)$$

$$(ij f_b) = \sum_1^N x_i x_j f_{bm}; \quad (9)$$

$$(0 f_b) = \sum_1^N x_0 f_{bm}, \quad (10)$$

де  $N$  – число точок плану.

Таким чином рівняння регресії, яке можна вважати як математичну модель для визначення граничних напружень зчеплення на поверхні контакту бетону і арматури, за результатами досліджень можна записати у такому вигляді:

$$f_b = 9.45 + 3.97 x_1 + 4.45 x_2 + 0.49 x_3 - 0.39 x_1^2 - 1.26 x_2^2 - 0.05 x_3^2 - 2.17 x_1 x_2 \quad (11)$$

Отримане рівняння регресії адекватно описує результати експериментальних досліджень, оскільки розрахункове значення  $F$ -критерія Фішера менше за табличне значення. Розрахункове значення  $F$ -критерія Фішера знаходили за формулою

$$F_p = \frac{S_{\{f_b\}}^2}{S_{AD}^2} \quad (12)$$

де  $S_{\{f_b\}}^2$  – дисперсія відтворюваності вихідного параметра, яка визначається за [2];

$S_{AD}^2$  – дисперсія адекватності, яку визначали за [2].

Дисперсія відтворюваності вихідного параметра (граничних напружень зчеплення) склала  $S_{\{f_b\}}^2 = 0,91$  а дисперсія адекватності  $S_{AD}^2 = 0,76$ . За формулою (12) розрахункове значення  $F$ -критерія Фішера  $F_p = 1,2$ . Табличний коефіцієнт з забезпеченістю 0,95 для дослідів дорівнює  $F_m = 2,66$ . Оскільки табличний критерій більше розрахункового, то побудоване рівняння регресії адекватно описує отримані експериментальні дані. Таким чином, отримане рівняння регресії (11) може бути використане для аналізу впливу окремих факторів на граничні напруження на поверхні бетону з арматурою, а також для нормування граничних напружень зчеплення.

### **Література**

1. Зчеплення з бетоном арматури серпоподібного профілю та її анкерування в згинальних залізобетонних елементах: Монографія / Є. М. Бабич, В. Є. Бабич, О. Є. Поляновська. – Рівне: «Волинські обереги», 2017. – 160 с.

2. Дворкін Л.Й. Розв'язування будівельно-технологічних задач методами математичного планування експерименту / Л.Й. Дворкін, О.Л. Дворкін, В.В. Житковський. – Рівне: НУВГП, 2011. – 174 с.

**УДК 631.331.922**

**А.В. Бабій канд. техн. наук, доц., Т.А. Ковтун**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ДОЗАТОРА РОБОЧОЇ РІДИНИ ПРОТРУЮВАЧА НАСІННЯ**

**A.V. Babiy Ph.D., Assoc. Prof., T.A. Kovtun**

### **REASONING OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF WORK LIQUID PROPORTIONER OF SEEDS PROTECTOR**

Серед відомих агротехнічних прийомів захисту рослин, хімічний спосіб займає лідируючі позиції. Хімічний захист є одним з найнебезпечніших, оскільки використовуються хімічні препарати, вплив яких на рослину, майбутній урожай, ґрунт тощо до кінця не вивчені і гарантувати стовідсоткової безпеки ніхто не може. Нажаль, ми часто спостерігаємо, що під час рекламної компанії виробників хімічних засобів захисту рослин лунають гасла абсолютної безпечності препарату, але проходить декілька років і виявляється зовсім інше... Так, хімічний спосіб захисту рослин є дуже небезпечним, проте він є найефективнішим і простим у застосуванні. Звичайно, можна довго сперечатись про його доцільність, але відсутність альтернативи не дає нам вибору. Тому на даному етапі розвитку культури сільськогосподарського виробництва постає задача мінімізувати можливі негативні наслідки такої технологічної операції.

Якщо розглядати виробництво зернових колосових культур, то починаючи з протруювання насіння, ми застосовуємо хімічні препарати. Нехтування цим агротехнічним прийомом може призвести до втрати врожаю в межах 30%, навіть якщо було висіяне якісне насіння, дотримана агротехніка підготовки площі та подальший догляд за посівами. Незахищеність насіння, молодих паростків, а також рослин на початку зростання і розвитку від насіневої, ґрунтової і аерогенної інфекції в окремі роки може привести до повного зараження зерна, непридатного потім не тільки для продовольчих цілей, але і на фураж. Отже, протруювання насіння потрібне.

Поглянемо на цю проблему під іншим кутом. Частою причиною неякісного протруювання насіння є недотримання норми виливу робочого препарату на насіння, через що не можна гарантувати безпечності та ефективності від його дії. Тобто забезпечення вказаної норми виливу робочого препарату на об'єкт обробки є першочерговим завданням інженерів-конструкторів протруювачів насіння.

При модернізації машини ПНШ-3, що випускається ТДВ «Львівагромашпроект» було прийняте рішення замінити дозатор подачі робочої рідини черпакового типу на дозатор рівня. Базова конструкція дозатора була значно складніша, дорожча, вимагала додаткового приводу та дуже залежала від зміни його обертів. Така ситуація часто позначалася на недотриманні норми внесення робочого препарату, а від того і порушенні агрономів до протруювання насіння.

Дозатор рівня працює наступним чином. Рідина насосом подається в мірний бачок, який має знизу вивід до робочого сопла, а зверху вивід для підтримання сталого рівня в бачку із наступним зливом в бак. Доза робочої рідини регулюється зміною положення перепускового крана робочого каналу. Подача дорівнює нулю, коли система вказаною точкою знаходиться вище рівня рідини в бачку, тоді по мірі її опускання норма виливу збільшується. Обґрунтуємо висунуту ідею.

Для розрахунку розробленої системи необхідно визначити витрату робочої рідини з бачка рівня через робоче сопло.

Конструкція сопла, а саме його діаметр, обумовлений максимальною витратою рідини за одну хвилину, що мотивується технічними вимогами.

Підтвердимо це розрахунками.

При вільному витіканні рідини з отвору можна використати формулу [1,2]

$$Q = \mu S \sqrt{2gh}, \quad (1)$$

де  $\mu$  – коефіцієнт опору;  $S$  – площа отвору, см<sup>2</sup>;  $h$  – висота водяного стовпа, см;  $g$  – прискорення вільного падіння, см/с<sup>2</sup>.

З формули (1) визначимо площу поперечного перетину сопла

$$S = \frac{Q}{\mu \sqrt{2gh}}, \quad (2)$$

де  $h$  – висота водяного стовпа в бачкові рівня (в даному випадку максимальна),  $h = 9$  см.

За отриманою площею знайдемо діаметр, тобто

$$d = \sqrt{\frac{4S}{\pi}}. \quad (3)$$

Підставивши числові значення та провівши розрахунок, остаточно приймаємо діаметр сопла 8 мм для забезпечення максимальної норми витрати робочої рідини за одну хвилину.

Тепер для зручного користування при експлуатації даного пристрою необхідно встановити градацію шкали норми вилуви робочої рідини. Визначення будемо вести за формулою (1) при збільшенні висоти водяного стовпа на 1 см від мінімального значення норми до максимального. Отримані значення зведемо в таблицю та запишемо їх у л/хв. Тут слід зауважити, що отримані результати справедливі для чистої води, а густина робочої рідини приблизно на 20% є більшою, тому в процесі експлуатації потрібно провести коректування.

Таблиця 1 – Витрата робочої рідини дозатором

Поділка шкали дозатора робочої рідини										
Витрата робочої рідини, q <sub>1</sub> , л/хв										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0,15	0,32	0,45	0,55	0,63	0,71	0,78	0,84	0,9	0,95

Підсумовуючи результати дослідження, робимо висновок, що першим кроком до мінімізації шкідливості хімічного захисту рослин є дотримання норми внесення робочого препарату. Тому, застосовуючи прості і надійні дозатори робочої рідини, дозволяють наблизити вирішення поставленої задачі.

### Література

1. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины [Текст] / Под ред. Г.Е. Листопада.– М.: Агропромиздат, 1986. – 688 с.
2. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин [Текст] / Е.С. Босой, О.В. Верняев, И.И. Смирнов, Е.Г. Султан-Шах. – М.: Машиностроение, 1980. – 565 с.

УДК 631.365.2

А.В. Бабій канд. техн. наук, доц., І.В. Хаєцький

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ СУШАРКИ ДРАЖОВАНОГО НАСІННЯ

A.V. Babiy Ph.D., Assoc. Prof., I.V. Khaietskyi

### CALCULATION SPECIALTY OF VENTILATION INSTALLATION OF COATED SEEDS DRYER

Сучасна технологія підготовки насіння до сівби включає цілий ряд технологічних операцій, серед яких дражування, що надає насіниці кулястої форми, обволікаючи її захисними та поживними речовинами. Після дражираторів таке насіння висушують в сушарках.

Сушка дражованого насіння, наприклад цукрового буряка, є одним із найважливіших етапів технологічного процесу дражування. Висока вологість, низька механічна міцність оболонки та інші специфічні показники дражування насіння є головним фактором, що визначає механізм процесу сушіння.

Проектування і розрахунок сушильної установки мають базуватися на відомих загальних принципах технології сушіння – вибирається найбільш раціональний метод і оптимальний режим сушіння і на цій основі проводиться вибір і розробка конструкції сушарки та її розрахунок.

Серед згаданого розрахунку сушарки одним з найвідповідальніших є розрахунок вентиляційної установки, на якому були зосереджені дані дослідження.

Нагнітаючий вентилятор [1] подає теплоносії в сушильну камеру під тиском, долаючи опір калориферів, повітропроводів, решіток та шару насіння.

Для сушильної установки вентилятори вибираються з резервною продуктивністю – 20...30%, а також, враховуючи можливість підвищення сумарного опору в результаті відкладання пилу в повітропроводах, вибираємо вентилятор з резервом по напору також 20...30%.

Визначаємо необхідний тиск для підбору вентилятора сушарки СДС-4 [2]

$$H = 1,3H_{\Sigma} \quad , \quad (1)$$

де 1,3 – запас по напору;

$H_{\Sigma}$  – сумарний тиск

$$H_{\Sigma} = H_k + H_p + H_n + H_n \quad , \quad (2)$$

тут  $H_k$  – опір калорифера,  $H_k = 660$  Па [3];

$H_p$  – опір решітки

$$H_p = \frac{\zeta \rho_2 \cdot v^2}{2g} \quad , \quad (3)$$

де  $\zeta$  – коефіцієнт опору решітки,  $\zeta = 13630$  [3];

$\rho_2$  – густина теплоносія,  $\rho_2 = 1,1 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ;

$v$  – швидкість теплоносія перед фронтом решітки,  $v = 1,7$  м/с;

$g$  – прискорення вільного падіння,  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>,



$$H_p = \frac{13630 \cdot 1,1 \cdot 1,7^2}{2 \cdot 9,81} = 2208,4 \text{ Па,}$$

$H_n$  – опір в шарі насіння, Па

$$H_n = \gamma_m h_0, \quad (4)$$

де  $\gamma_m$  – насипна вага матеріалу,  $\gamma_m = 5886 \frac{\text{Н}}{\text{м}^3}$ ;

$h_0$  – висота нерухомого слою,  $h_0 = 0,2$  м.

Тоді

$$H_n = 5886 \cdot 0,2 = 1177,2 \text{ Па.}$$

$H_n$  – опір в повітропроводах, приймаємо  $H_n = 500$  Па.

$$H_{\Sigma} = 660 + 2208,4 + 1177,2 + 500 = 4545,6 \text{ Па,}$$

$$H = 1,3 \cdot 4545,6 = 5909,3 \text{ Па.}$$

Отже, вибраний вентилятор повинен забезпечити напір не менше  $H = 5909,3$  Па.

Продуктивність вентилятора буде рівною

$$V_B = 1,3V, \quad (5)$$

де 1,3 – коефіцієнт запасу;

$V$  – витрата повітря, що необхідна для процесу,  $V = 62000$  м<sup>3</sup>/год,

$$V_B = 1,3 \cdot 62000 = 80600 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Враховуючи експериментальні дані та практичний досвід, було прийняте рішення, що для сушильної установки сушарки СДС-4 вентилятори вибрати із збільшеною (резервною) продуктивністю в межах 20...30%. Виконавши необхідні обчислення, продуктивність вентиляторів становитиме  $V_B = 80600$  м<sup>3</sup>/год.

Враховуючи можливість підвищення сумарного опору при роботі вентилятора, закладаємо резерв (20...30%) за створюваним тиском. Після розрахунку встановлено, що необхідний напір вентилятора повинен становити не менше  $H = 5909,3$  Па.

Отже, обґрунтовані та визначені параметри вентилятора – продуктивність та напір є основними вихідними даними для вибору стандартної конструкції вентилятора, який забезпечуватиме нормальну роботу сушильної камери сушарки СДС-4.

### **Література**

1. Рибак Т.І. Підвищення надійності машин для хімічного захисту у рослинництві [Текст] / Т.І. Рибак. – К.: Урожай, 1986. – 104 с.

2. Сушилка дражированных семян СДС-4. Техническое описание и инструкция по эксплуатации СДС-4. – Львов, 1980. – 80с.

3. Каганович Ю.Я. Промышленные установки для сушки в КС [Текст] / Ю.Я. Каганович, А.Г. Злобинский. – Химия, 1970. – 120 с.

УДК 624.012.25

**І.В. Борис**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ВИЗНАЧЕННЯ ЗСУВУ МІЖ ПЛИТОЮ-ПОЛИЧКОЮ І ДВОТАВРОВОЮ БАЛКОЮ У ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЯХ**

**I.V. Borys**

### **ESTIMATION OF SHIFT BETWEEN SLAB AND I-BEAM IN RC STRUCTURES**

Відомо, що сталезалізобетонні конструкції є складеними елементами, у яких металеві та залізобетонні компоненти з'єднані між собою зварними швами. Для забезпечення роботи залізобетонної плити спільно з металевими балками необхідно створити надійний зв'язок, здатний передавати зсуваючі зусилля, що виникають між плитою і верхнім поясом металевих балок. Зчеплення бетону з металом тут виявляється недостатнім. Тому застосовують зв'язуючі елементи [1]: спеціальні жорсткі металеві упори, і випуски-анкери, високоміцні болти, тощо. При прикладенні зовнішнього зосередженого навантаження у сталезалізобетонному балковому елементі виникає зсув між плитою-полічкою та металевою балкою. Вище нейтральної осі у матеріалах (стінці та верхній полиці сталевих двотавра та залізобетонній плиті) виникають та розвиваються деформації стиску, а нижче нейтральної осі - деформації розтягу.

У дослідній балці Б-1, яка мала крок анкерів 100 мм (ширина залізобетонної плити  $b_f = 120$  мм) при величині зовнішнього навантаження  $F = 10$  кН ( $0.15F_u$ ) зсуви між нижньою поверхнею залізобетонної плити-полічки та верхньою полицкою двотавра складала: посередині балки – зсув не спостерігалася; на лінії прикладання зосередженої сили -  $5 \cdot 10^{-3}$  мм; між силою та опорою -  $7 \cdot 10^{-3}$  мм; на торці балки зсув не спостерігалася.

У дослідній балці Б-2, з кроком анкерів 150 мм (ширина залізобетонної плити  $b_f = 120$  мм) при величині навантаження  $F = 10$  кН зсуви між нижньою поверхнею залізобетонної плити-полічки та верхньою полицкою двотавра складала: посередині балки – зсув не спостерігалася; на лінії прикладання зосередженої сили -  $13 \cdot 10^{-3}$  мм; між силою та опорою -  $25 \cdot 10^{-3}$  мм; на торці балки -  $6 \cdot 10^{-3}$  мм.

У дослідній балці Б-1, з кроком анкерів 100 мм (ширина залізобетонної плити  $b_f = 120$  мм) при збільшенні навантаження до  $F = 30$  кН зсуви між нижньою поверхнею залізобетонної плити-полічки та верхньою полицкою двотавра складала: посередині балки – зсув не спостерігалася; на лінії прикладання зосередженої сили -  $12 \cdot 10^{-3}$  мм; між силою та опорою -  $30 \cdot 10^{-3}$  мм; на торці балки -  $1 \cdot 10^{-3}$  мм.

У дослідній балці Б-2, з кроком анкерів 150 мм (ширина залізобетонної плити  $b_f = 120$  мм) при збільшенні навантаження до  $F = 30$  кН зсуви між нижньою поверхнею залізобетонної плити-полічки та верхньою полицкою двотавра складала: посередині балки – зсув не спостерігалася; на лінії прикладання зосередженої сили -  $51 \cdot 10^{-3}$  мм; між силою та опорою -  $92 \cdot 10^{-3}$  мм; на торці балки -  $19 \cdot 10^{-3}$  мм.

Аналіз та порівняння ефективності даних конструкцій свідчить, що сталезалізобетонні балки мають економічну вартість на 13,32% меншу сталевих двотаврових, що підтверджує доцільність їх застосування в практиці будівництва.

### **Література**

1. Клименко Ф.Є. Вплив анкерів на розвиток зсувів у комплексних сталобетонних балкових конструкціях / Барабаш В.М., Шмиг Р.А., Фабрика Ю.М. //Збірник наукових праць. Випуск 8.- Рівне, 2002. - С.130 - 136.

**УДК 631.42**

**О.В. Бурячинський, І.М. Качмар, Т.І. Рибак докт. техн. наук, проф.**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ГИЧКОВИДАЛЯЮЩИЙ ТА КОРЕНЕВИКОПУЮЩИЙ МЕХАНИЗМИ ДЛЯ ЗБИРАННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ**

**O.V. Buriachynskiy, I.M. Kachmar, T.I. Rybak Dr., Prof.**  
**MECHANISMS FOR THE FOLIAGE AND SUGAR BEET HARVESTER**

На даний час на Україні найбільш доцільною і перспективною технологією збирання гички буряків є збирання її з одночасним подрібненням та розсіюванням на поверхні поля з наступним заорюванням у ґрунт. Від якості виконання цієї операції залежать якісні показники врожаю, а також можливість зберігання коренеплодів протягом певного часу.

Аналіз технічних засобів для видалення гички, зокрема з кормових буряків та робочих органів, що на них використовуються, а також доочищення гички з головок коренеплодів цукрових буряків, свідчить про те, що найбільш доцільним є використання еластичних робочих органів. При цьому гичка з буряків видаляється в результаті ударної та очісувальної дії робочих елементів. Такі робочі органи мають відносно просту будову, низьку енергомісткість та виконують декілька функцій: очищення, подрібнення та транспортування рослинних решток за межі зони, що обробляється.

Враховуючи те, що кормові буряки мають високу ступінь варіювання висоти розташування головок коренеплодів над поверхнею ґрунту, на відміну від коренеплодів цукрових буряків, то видалення гички такими робочими органами проходить задовільно завдяки пружним властивостям матеріалу, з якого виготовлено робочий елемент.

Запропонований робочий орган для видалення гички кормових буряків встановлюється на косарці-подрібнювачі КІР-1,5, яка досить поширена і відносно дешева. Замість подрібнювача пристрою встановлюються 2 ротори, які мають зустрічний напрямок обертання. Процес роботи машини відбувається наступним чином. Трактор, на який встановлено вузькі шини направляють по міжряддях буряків. Крутний момент через карданну передачу і конічний редуктор з передаточним відношенням  $i=1$ , а також клинопасову передачу передається на ротори гичкозбиральної машини. Ротори, обладнані еластичними робочими елементами, обертаються назустріч один одному і взаємодіють з коренеплодами. Видалення гички проходить завдяки ударній та очній дії робочих елементів на коренеплоди. Зустрічне обертання роторів забезпечується за рахунок використання клинопасової передачі, вітки якої перехреснюються. При видаленні з коренеплодів гички проходить також її подрібнення і за рахунок створення роторами повітряного потоку, відбувається транспортування подрібненої гички трубопроводом з наступним завантаженням у транспортний засіб або розсіюванням на поверхні поля.

Для встановлення положення роторів відносно поверхні ґрунту (залежно від врожайності та сорту буряків) змінюється положення опорно-ходових коліс відносно рами машини, аналогічно зміні висоти зрізу рослин на косарці КІР-1,5.

Для забезпечення можливості натягу клинопасової передачі передбачено виконання кріплення переднього ротора з можливістю зміни його положення.

Враховуючи те, що запропонована машина використовується на збиранні гички буряків досить обмежений час, передбачено можливість демонтажу роторів для видалення гички і встановлення штатного ротора подрібнювача.

Отже, запропонований гичковидальючий механізм для збирання гички буряків може бути реалізований на базі косарки-подрібнювача КІР-1,5 без внесення принципових змін у конструкцію і технологічний процес косарки.

Викопувальні і очисні робочі органи є основними складовими технологічних вузлів коренезбиральних машин. Від їх компоновальних схем, вибору конструктивних та кінематичних параметрів, відповідно до ґрунтово-кліматичних умов, значною мірою залежить якість викопування коренеплодів, їх пошкодження і втрати.

Викопуючі робочі органи коренезбиральних машин вирізають пласт ґрунту разом із коренеплодом, передають суміш до очисних робочих органів для їх розділення і транспортування корисної частини до накопичувальних ємностей або у валок.

Для вирізання пласту ґрунту разом з коренеплодом і його переміщення до очисників застосовують різні робочі органи розташовані під визначеним кутом один до одного і до ґрунту. У конструкції коренезбиральної машини КС-6Б викопуючими робочими органами є диски. Для переміщення коренеплодів на очисники застосовують коренезабірники. Незважаючи на конструктивну різноманітність механіко-технологічний принцип роботи копачів полягає у порушенні зв'язку коренеплоду з ґрунтом при вирізанні пласту і створенні витягаючого зусилля для наступного переміщення коренеплодів по поверхні дисків, що обертаються. Якщо застосовують примусове обертання конусів або дисків, то для забезпечення захвату коренеплодів необхідно після розташування їх заглибитись в ґрунт, що також пов'язане з діставанням кореня разом із ґрунтом.

Дискові копачі є найбільш універсальними, які надійно виконують технологічний процес в широких ґрунтово-кліматичних умовах. Окрім доброго підкопування і подачі коренів, активні диски сприяють кращому руху комбайна на полі, створюючи додаткове тягове зусилля.

Підвищення якісних показників процесів збирання коренеплодів – це комплексна науково-технічна проблема, вирішення якої повинно базуватися на пошуку нових конструктивних рішень робочих органів та компоновальних схем коренезбиральних машин, теоретичному обґрунтуванню їх конструктивних та технологічних параметрів, експериментальному підтвердженню проведених досліджень з метою аналізу і синтезу оптимальних параметрів бурякозбиральних комплексів.

Однією з проблем, що виникає при конструюванні дискових копачів, є привод активного сферичного диска, оскільки його вертикальна і горизонтальна осі утворюють відповідно кути розвалу і атаки з вертикальною площиною, що проходить вздовж рядків. У роботі запропоновано удосконалену конструкцію приводу дискового викопуючого пристрою коренезбиральної машини, який би був альтернативний до пристрою серійної машини. Привод дискового викопуючого пристрою серійної машини КС-6Б містить цілий ряд редукторів, і систем редукторів з карданними передачами. Застосування конічних редукторів з круговим зубом і великим передаточним відношенням у компоновці з карданним валом і центральним редуктором для приводу копачів характеризується високою собівартістю і металомісткістю викопуючо-очисного пристрою в цілому. Тому в даній роботі пропонується спрощення кінематики приводу робочих органів, а тому і зменшення маси викопуючого пристрою, його металомісткості. У результаті змінюємо привод викопуючого пристрою коренезбиральної машини КС-6Б, у якому застосовуємо два викопуючих диски, один з яких обертається примусово.

УДК 69.002.5

Є.А. Васильєв канд. техн. наук, доц., А.В. Васильєв канд. техн. наук, доц.,  
С.В. Попов канд. техн. наук, доц.

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Україна

### **ЗМЕНШЕННЯ ЕНЕРГОВИТРАТ ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ БУДІВЕЛЬНИХ РОЗЧИНІВ РОЗЧИНОНАСОСАМИ З МЕХАНІЧНИМ ПРИВОДОМ**

**Ie. A. Vasyliiev Ph.D., Assoc. Prof., A. V. Vasyliiev Ph.D., Assoc. Prof., S. V. Popov Ph.D., Assoc. Prof.**

### **REDUCTION OF ENERGY CONSUMPTION WHEN TRANSPORTING MORTAR MIXES THROUGH POWER-DRIVEN MORTAR PUMPS**

Для транспортування будівельних розчинів при проведенні опоряджувальних робіт добре зарекомендував себе диференціальний розчинонасос із механічним приводом (1). Привод поршня диференціального насоса здійснюється від кривошипно – шатунного механізму, характерною властивістю якого є імпульсне перекачування. Зменшення імпульсності транспортування розчину обумовлює підвищення експлуатаційних характеристик, а також зменшення енерговитрат при транспортуванні. Вирішити цю проблему можливо за рахунок використання регулятора частоти електричного струму та пристрою керування з безконтактним регулюванням частоти обертання колінчастого вала розчинонасоса. Принцип забезпечення закону руху поршня, наближеного до постійної швидкості впродовж циклу роботи, зображений на рис. 1.

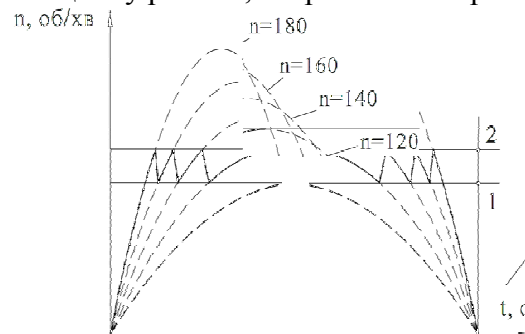


Рисунок 1. Графік зміни лінійної швидкості поршня залежно від різних частот обертання колінчастого вала.

Конструкція пристрою керування та модель регулятора частоти дає можливість задавати різні частоти електричного струму, які відповідають різним частотам обертання кривошипа розчинонасоса та розташовані в такому порядку, щоб забезпечити високу швидкість поршня поблизу крайніх положень та помірну – в проміжних положеннях. У результаті закон зміни швидкості поршня виглядає таким чином: швидкий розгін поблизу «мертвих» точок ходу поршня та стала швидкість в інших положеннях, що дозволяє знизити пульсацію тиску подачі розчинної суміші. Це відбувається за рахунок того, що тиск у магістралі не встигає значно знизитись за час, коли поршень швидко проходить свої «мертві» точки, і залишається майже постійним.

#### **Література**

1. Коробко Б. О. Оптимізація профілю кулачка приводу вертикального диференціального розчинонасоса // Галузеве машинобудування, будівництво: Збірник наукових праць. – Полтава: ПДТУ. – Вип. 3. – 1998. – С. 11–22.

2. Пат. №35898 МПК F04B 9/02 Україна. Диференціальний розчинонасос із керованим законом руху робочого органа / Є. А. Васильєв // Бюл. – 2008. – №19.

**УДК 631.356.26**

**В.В. Верес**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ВИБІР ШИН ДЛЯ ВЕДУЧИХ КОЛІС БУРЯКОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА**

**V.V. Veres**

### **TIRES SELECTION FOR THE DRIVING WHEELS OF THE BEET HARVESTER**

Загальна тенденція розвитку складної мобільної сільськогосподарської техніки в напрямку інтенсифікації виконання технологічних процесів приводить до неперервного збільшення енергосилових, кінематичних, габаритних та інших параметрів машин. Це стосується, в першу чергу, ходових частин потужних бурякозбиральних комбайнів та зокрема їх гальмівної системи.

Найчастіше у гальмівній системі мобільної сільськогосподарської техніки застосовуються дискові гальма, гальмівний ефект яких не залежить від напрямку обертання, зношування фрикційних накладок рівномірне по ширині, а приводний вал розвантажений від радіальних навантажень.

Для забезпечення нормальних умов роботи зупинкового гальма ведучого моста бурякозбирального комбайна КБМ-6 (покращення теплообміну між гальмом і навколишнім середовищем) доцільно збільшити об'єм потоку охолоджуючого повітря по корпусу гальма. Цього можна досягнути збільшивши діаметр колеса.

Крім підвищення інтенсивності охолодження гальма забезпечуватиметься також зниження питомого тиску на ґрунт, оскільки колесо більшого діаметру має, як правило, і більшу ширину.

Цей фактор дуже важливий, оскільки під час підготовки ґрунту, сівби, догляду за рослинами, збирання врожаю та післяжнивних решток машини проходять по полю від 5 до 15 разів залежно від вирощуваної культури та рівня агротехніки. Сумарна площа слідів їх у два рази перевищує площу ділянки. У результаті дії машин глибина ущільнення ґрунту досягає 0,3–0,6 м. При цьому найсильніше ущільнюється родючий верхній шар ґрунту.

У зв'язку з великою масою сучасних бурякозбиральних комбайнів їх шасі та шини постійно вдосконалюються з метою зменшення тиску коліс на ґрунт (агрофільні технології). Для цього застосовують конструктивні заходи, направлені на розосередження навантаження на якнайбільшу площу: широкопрофільні шини; триосьові колісні шасі (ROPA Euro-Tiger); гумово-гусеничні рушії (CRIMME Maxtron-620); одноразовий прохід шин однією і тією ж площею збирання (двоосні і триосні колісні шасі з рульовим керуванням за допомогою поворотного шворня чи шарнірної рами); телескопічні осі 9-рядкових і 12-рядкових машин, що дозволяють змінювати ширину колії відповідно до умов експлуатації (VERVAET Best Eater).

Такі конструктивно-технологічні рішення виключають негативний вплив проходів передніх коліс на якість збирання, вивільняють простір для розташування бункера, двигуна та потужних очисників із збільшеною довжиною зони очищення, що забезпечує зменшення забрудненості коренеплодів при їх мінімальному пошкодженні. Передня начіпка викопуючих органів дає можливість застосувати широкі агрофільні передні шини для сприйняття великої маси робочих модулів і завантажених у бункер коренеплодів [1].

На сільськогосподарських машинах колеса використовують виходячи з їх функціонального призначення. Вони бувають чисто опорними або опорними напрям-

ними, а також опорно-приводними чи ведучими. Основні критерії вибору шин для цих коліс наступні:

- здатність шин сприймати відповідне навантаження;
- допустимий тиск на ґрунт;
- ув'язка шин з компоновкою машини і тип рисунка протектора;
- передача необхідного крутного моменту;
- ув'язка ширини шини з шириною міжряддя.

Шини для нової техніки треба вибирати, виходячи з максимальної швидкості руху машини і відповідного допустимого навантаження на шину. Допустимі норми навантаження на шину наведено в державних стандартах і технічних умовах [2].

Агротехнічним критерієм дії шин на родючість ґрунтів є допустимий тиск у контакті з опорною поверхнею, який регламентується [3].

Тиск колеса на ґрунт (кПа) від радіального навантаження визначають із співвідношення [1]:

$$p = 10^{-4} G / S, \quad (1)$$

де  $G$  – радіальне навантаження на колесо, кН.  $G \approx 8.5$  кН;  
 $S$  – проекція площі контакту шини з ґрунтом, см<sup>2</sup>.

$$S = 2b\sqrt{h \cdot D - h^2}, \quad (2)$$

де  $b$  – ширина шини (для машин, що працюють у міжряддях, ширина шини повинна бути меншою за ширину міжряддя), см;

$D$  – зовнішній діаметр шини, см;

$h$  – величина деформації шини від радіального навантаження, см.

$$h = \frac{G}{\pi} p_{III} \sqrt{b \cdot D}, \quad (3)$$

де  $p_{III}$  – тиск повітря в шині, МПа.

Для ведучого моста комбайна КБМ-6 пропонується колесо камерне підвищеної прохідності 16.9R30 з внутрішнім тиском  $p_{III} = 160$  кПа.

Величина деформації такої шини від радіального навантаження становитиме

$$h = \frac{8.5}{\pi} 0.16 \sqrt{16.9 \cdot 2 \cdot 30 \cdot 25.4} = 28 \text{ мм.}$$

Проекція площі контакту шин з ґрунтом:

$$S = 2 \cdot 16.9 \sqrt{28 \cdot 60 \cdot 25.4 - 28^2} = 945.65 \text{ см}^2.$$

Тиск колеса з на ґрунт становитиме

$$p = 10^{-4} \cdot \frac{8.5}{945.65} \approx 90 \text{ кПа,}$$

що не перевищує допустимого значення  $[p] = 120 - 140$  кПа для ґрунту з твердістю 0.7 НВ у літньо – осінній період [3].

### **Література**

1. Рослинництво: Підручник / О.І. Зінченко, В.Н. Салатенко, М.А. Білоножко; За ред. О.І. Зінченка. – К: Аграрна освіта, 2001. – 591 с.

2. ГОСТ 7463–80 Шины пневматические для тракторов и сельскохозяйственных машин. Технические условия. – 7 с.

3. ГОСТ 26955–86 Техника сельскохозяйственная мобильная. Нормы воздействия движителей на почву. – 30 с.

**УДК 621.941-229.3**

**В.Н. Волошин канд. техн. наук, доц., Т.Ю. Гинда**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **СИЛОВИЙ АНАЛІЗ ЦАНГОВИХ РОЗТИСКНИХ ОПРАВОК ДЛЯ ТОКАРНОЇ ОБРОБКИ**

**V.N. Voloshyn Ph.D., Assoc. Prof., T.Yu. Gynda**

### **POWER ANALYSIS OF EXPANDING COLLET MANDREL FOR TURNING**

Широке розповсюдження серед затискних пристроїв для тіл обертання по внутрішній поверхні отримали розтискні оправки. Вони часто використовуються при токарній, фрезерній обробці, шліфуванні та на контрольних операціях. На основі проведеного огляду існуючих розтискних оправок встановлено, що широке розповсюдження при токарній обробці отримали цангові розтискні оправки завдяки простій конструкції, можливості затиску заготовок із значними допусками на отвір та забезпечення високої концентричності при затиску [1]. Цанга являє собою втулку з конічним отвором і циліндричною зовнішньою поверхнею. Пружні властивості цанги забезпечуються поздовжніми надрізами (по два, три, чотири і більше з кожної сторони), що розташовані по чергово. Тому визначення необхідних сил затиску такими оправками з метою забезпечення надійного затиску заготовок при токарній обробці та уникнення високих напружень у цанговому затискному елементі є актуальною науково-практичною задачею.

В результаті аналізу силових потоків розтискної цангової оправки запропоновано аналітичну модель для оцінки початкової статичної сили затиску з урахуванням дії сил різання та сил пружності пелюсток цанги для досягнення ними контакту із заготовкою. Розробка аналітичної моделі передбачала виконання наступних етапів: розрахунок необхідної сили затиску при дії сил різання без урахування обертання заготовки; визначення втрати сили затиску оправки при дії відцентрових сил при обертанні заготовки; визначення допустимої сили затиску з врахуванням втрати сили затиску оправки при дії відцентрових сил; визначення сили деформації пелюсток цанги для забезпечення їх контакту із поверхнею заготовки.

В результаті проведення силового аналізу розробленої конструкції цангової розтискної оправки з використанням розробленої аналітичної моделі отримані залежності коефіцієнта підсилення в залежності від кута конічного отвору та коефіцієнта тертя між заготовкою та пелюстками цанги. Із отриманих результатів можна зробити висновок, що зменшення кута конуса призводить до збільшення коефіцієнта підсилення і зменшує осьові рушійні сили, однак це призводить до збільшення напружень в пелюстках цанги. Тому одним із способів підвищення ефективності клина є зменшення тертя між внутрішньою поверхнею пелюсток цанги і поверхнею конуса оправки, а з іншого - збільшення тертя між зовнішньою поверхнею пелюсток цанги та заготовкою. За результатами моделювання можна зробити висновок, що сила затиску також суттєво залежить від початкових зазорів між циліндричною поверхнею розтискної цанги та поверхнею затиску заготовки, а також від радіальної жорсткості пелюсток цанги.

#### **Література**

1. Зажимные механизмы для высокопроизводительной и высокоточной обработки резанием: монография/ [Кузнецов Ю.Н., Волошин В.Н., Неделчева П.М., Эль-Дахаби Ф.В.] – Габрово: «Васил Априлов», 2010. – 724 с.



УДК 004.4

А.В. Гагалиук канд. техн. наук, Г.С.Якимець

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ПОРІВНЯННЯ ПРОЦЕСУ ВИКОНАННЯ ОПЕРАЦІЇ «ВИДАВЛЮВАННЯ» В AUTODESK INVENTOR ТА КОМПАС 3D

A.V.Gagaliuk Ph.D., G.S.Yakymets

### COMPARISON OF THE REALIZATION PROCESS OF THE OPERATION "EXTRUDE" IN AUTODESK INVENTOR AND COMPAS 3D

Твердотіле проектування цифрових прототипів виробів або 3D – моделювання, давно перейшло з рангу наукового і чогось незвичного у прикладний і звичний як для інженерів-конструкторів так і студентів. 3D-моделювання – це швидкий і продуктивний спосіб зображення і дослідження будь-яких характеристик деталей, вузлів і збірок загалом ще на стадії проектування, не витрачаючи час на створення креслень та їх елементів. В сучасній концепції проектування креслення вже є швидше наслідком проектування, а не його початком.

Завдяки використанню сучасного програмного забезпечення як SolidWorks, Autodesk Inventor, Fusion 360, PTC Creo, Компас-3D проектування перетворюється скоріше на «гру в конструктор», ніж на рутинну роботу. Компас-3D не може конкурувати з вищепереліченими програмами в плані функціоналу. Але треба справедливо зауважити, що в плані інтерфейсу, деякі його модулі як «Вали і механічні передачі 2D» реалізовані набагато краще, ніж у AutoCAD Mechanical 2017 чи і «Вали і механічні передачі 3D» у Inventor. Але в цьому переліку Компас-3D тільки через свою популярність серед студентів. А відгуки інженерів-конструкторів, які працюють на виробництві, зокрема з листовим металом зовсім протилежні й це змусило їх перейти або на SolidWorks, або Autodesk Inventor. Популярність Компас-3D зумовлена декількома причинами, а саме: не високі вимоги до апаратної частини, повна підтримка ЕСКД і СПДС (для будівельників) й простота використання. Все залежить від того, під реалізацію яких завдань ми використовуємо програми. Порівнювати Компас-3D з Autodesk Inventor чи іншими не доцільно, оскільки це різні «вагові категорії». Але обидва продукти створювалися, в першу чергу для машинобудування. І в сильного суперника як Inventor також можуть бути недоліки.

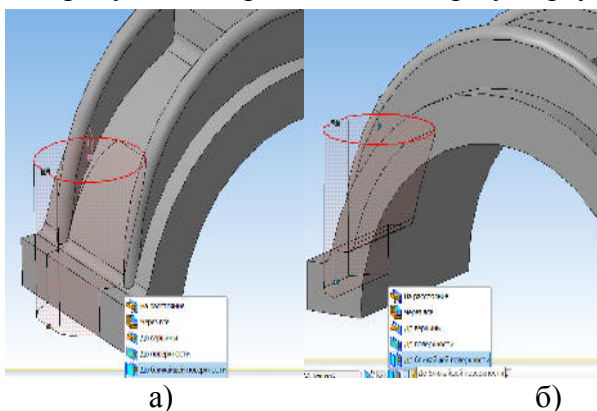


Рисунок 1. Реалізація команди видавлювання в Компас-3D

елементу «бобишка».

Ескіз зрізаного циліндра побудований на додатковій площині, яка паралельна до

суперника як Inventor також можуть бути недоліки.

Для порівняння функціоналу виконано проектування деталі «Кришка шатуна» в двох САПР Autodesk Inventor 2017 і Компас-3D. Алгоритм проектування в багатьох САПР однаковий, тому не доцільно його повністю описувати. А зосередимось лише на відмінностях (рис.1.) проектування на прикладі

основи. В обох програмах видавлюється зверху вниз, тобто до деталі. В Компас-3D команда «Видавлювати» має опцію «до найближчої поверхні» (рис.1а, 1б). Вибір цього варіанту означає, що глибина видавлювання визначається автоматично, тобто елемент видавлюється до найближчих в напрямку видавлювання граней деталі (на рис. 1а і 1б зображено фантом циліндра) [1]. В результаті ми отримали не плоский торець елемента. Одна частина циліндра дотикається до контуру, а інша обмежена площиною, до якої дотикається основа деталі. Якщо б ми вибрали опцію «До поверхності» то отримали аналогічний результат як на рис.2а і 2б.

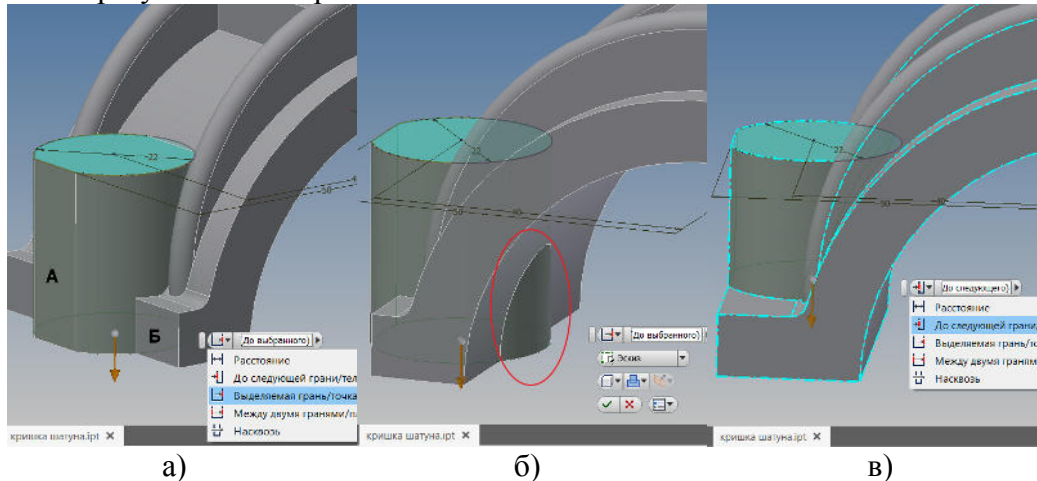


Рисунок 2. Реалізація команди видавлювання в Autodesk Inventor 2017

В Autodesk Inventor 2017 на відміну від Компас-3D алгоритм видавлювання ескізу до найближчої поверхні реалізований лише частково. Для того, щоб видавити циліндр до основи, як це виконано на рис.1а і 1б, використано опцію «Выделяемая грань/точка» рис.2а, 2б, яка не дозволяє отримати такий же результат, оскільки дана опція команди «Видавлювати» переміщує ескіз вздовж всієї довжини вектора. І ця опція в Inventor аналогічна до опції «До поверхності» в Компас-3D.

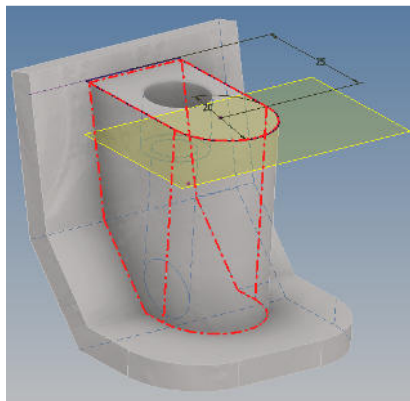


Рисунок 3. Використання опції «До следующей грани/тела»

На рис.2в показано результат використання опції «До следующей грани/тела» [2], який подібний до рис. 1а. Можливість отримати подібний результат, але при умові, що поверхні А і Б (рис.2а) будуть в одній площині, тобто глибина видавлювання визначиться автоматично як і в Компасі, але при умові, що плоский торець циліндра повинен повністю перекриватися гранями в напрямку видавлювання (рис.3.)

Для видалення випуклості з внутрішнього боку тіла, яка є частиною циліндра, необхідно використати ще одну додаткову операцію «Вирізати» або змінити методику побудови деталі. Професіонали оцінять Autodesk Inventor

2017, який має багато інших переваг. Але непродуманість цієї команди створює незручності і дискомфорт для користувача, який переходить з Компас-3D на Autodesk Inventor останніх версій.

### Література

1. Азбука Компас-3D V15. ЗАО АСКОН, 2014. – 492с.
2. Зиновьев Д. В. Основы проектирования в Autodesk Inventor 2016. 2-е изд. / под ред. Азанова М. – М.: ДМК Пресс, 2017. – 256 с.

**УДК 621.91**

**В.С. Гандзій**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ СИЛИ РІЗАННЯ ПРИ ПРОТОЧУВАННІ НАПІВКРУГЛОЇ КАНАВКИ**

**V.S. Gandzii**

### **THE CUTTING FORCE RESEARCH OF SEMICIRCULAR GROOVE TURNING**

На основі методики проведення досліджень з використанням повнофакторного експерименту було проведено ряд експериментальних досліджень, в яких визначали залежність сили різання при проточуванні напівкруглих канавок від величини подачі різця, швидкості різання та радіуса канавки. Силу різання визначено за допомогою тензометричного динамометра, підсилювача, аналогово-цифрового перетворювача із фіксацією та обробкою даних на комп'ютері. В процесі виконання експерименту змінювали оброблюваний матеріал – сталь 45 та склотекстоліт. Для кожного з незмінних факторів експеримент проводився не менше 3 разів, після чого визначалося середнє значення результату, яке використовувалось для подальшого статистичного оброблення результатів експерименту. Для побудови вибраної математичної моделі з всього напрацьованого експериментального масиву даних складено таблиці результатів повного факторного експерименту типу ПФЕ 3<sup>3</sup>. Побудову даних таблиць проведено наступним чином. Вхідними змінними факторами прийнято: величина подачі різця  $S$ , яку кодували індексом  $x_1$ ; швидкість різання  $V$ , яку кодували індексом  $x_2$ ; радіус канавки  $r$ , який кодували індексом  $x_3$ . Загальний вигляд рівняння регресії сили різання залежно від зміни величини подачі різця, швидкості різання та радіуса канавки за результатами проведених експериментів у кодованих величинах дорівнюють:

- для заготовок із Сталі 45:

$$P_{(x_1, x_2, x_3)}^{\text{сталь}45} = 1499 + 380,9x_1 - 89,1x_2 + 751,3x_3 - 22,63x_1x_2 + 191,12x_1x_3 - 43,88x_2x_3 - 15,59x_1^2 + 19,41x_2^2 + 0,41x_3^2; \quad (1)$$

- для заготовок із склотекстоліту:

$$P_{(x_1, x_2, x_3)}^m = 158,26 + 61,1x_1 - 10x_2 + 77,9x_3 - 3,88x_1x_2 + 30,38x_1x_3 - 4,63x_2x_3 - 3,73x_1^2 + 1,77x_2^2 + 0,27x_3^2. \quad (2)$$

Статистичну значимість коефіцієнтів рівнянь регресій проводили за  $t$ -критерієм Ст'юдента. Усі коефіцієнти рівнянь є значущими.

Відповідно у натуральних величинах рівняння регресії (1), (2) після перетворення та спрощення виразів прийнято в кінцевому вигляді:

- для заготовок із сталі 45:

$$P_{(S, V, r)}^{\text{сталь}45} = -177,68 + 3050,93S - 1,23V + 146,65 \cdot 2r - 15,08SV + 1911,2S2r - 0,73V2r - 6236S^2 + 0,02V^2 + 0,4r^2; \quad (3)$$

- для заготовок із склотекстоліту:

$$P_{(S, V, r)}^m = -18,55 + 499,2S - 0,092V + 13,82 \cdot 2r - 3,88SV + 303,8S2r - 0,12V \cdot 2r - 1492S^2 + 0,004V^2 + 0,28r^2. \quad (4)$$

Встановлено, що із збільшенням величини подачі різця під час проточування а також радіуса напівкруглої канавки сила різання зростає, а при збільшенні швидкості різання – спадає. Максимальна сила різання досягає 2600Н для заготовок із сталі 45 та 320Н для заготовок із склотекстоліту.

**УДК 621.82**

**Ів.Б. Гевко докт. техн. наук., проф., О.А. Круглик**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ КОНСТРУКЦІЙ ГВИНТОВИХ СПІРАЛЕЙ**

**Iv.B. Nevko Dr., Prof., A.A. Kruglik**

### **TECHNOLOGY OF STRUCTURES OF GVINTOVY SPIRALES**

Технологічність конструкції виробу (ТКВ) (сукупність властивостей, які визначають його пристосованість до досягнення оптимальних витрат у процесі виробництва, експлуатації та ремонту для заданих показників якості й умов виконання своїх функцій) в основному залежить від п'яти груп факторів: властивостей виробу, заданої якості, умов виконання робіт у виробництві, експлуатації та ремонті. Загалом система показників технологічності конструкції виробу охоплюється 9 групами факторів і описується 51 загальним і понад 100 частковими коефіцієнтами [1]. У цілому система оцінок встановлює показники, відносно до яких здійснюється комплекс заходів із забезпечення необхідного рівня технологічності конструкції.

Найважливішими показниками, за якими проводять оцінку виробничої та експлуатаційної технологічності гвинтової спіралі, є: трудомісткість її виготовлення і технологічна собівартість, коефіцієнт використання матеріалу, витрати на підготовку виробництва, процеси виготовлення, контроль і випробування, витрати часу і коштів на технологічне забезпечення виробничих процесів і ремонтні роботи тощо [1]. Спосіб виготовлення спіралей залежить від типу виробництва, який на пряму впливає на собівартість гвинтових спіралей (табл. 1). Відпрацювання конструкцій гвинтових спіралей на технологічність слід здійснювати шляхом раціонального підбору матеріалів заготовки, уточнення обсягів випуску і типу виробництва, аналізу показників технологічності окремих деталей та розробки заходів по їх покращенню.

Таблиця 1 - Залежність витрат від способу виробництва гвинтових спіралей

№ п/п	Спосіб виробництва спіралей	Тип виробництва (витрати)		
		одинич- не	серійне	масове
1.	Штампуння кілець і зварювання з них спіралей	високі	-	-
2.	Прокатування спіралей	-	високі	середні
3.	Навивання спіралей	середні	низькі	низькі
4.	Виготовлення спіралей з плоских заготовок вирізанням з подальшим вигинанням	середні	низькі	-
5.	Виливання секційних гвинтових елементів	-	середні	низькі
6.	Виготовлення спіралей із гумових елементів	-	середні	низькі

Технологія виготовлення гвинтових стрічок суттєво впливає на зміну їх конструктивних параметрів і техніко-економічні показники. Виготовлення спіралей штампуванням кілець з наступним формуванням витка і зварювання у спіраль, прокатуванням на спеціальних прокатних станах чи навиванням із смугових заготовок на ребро забезпечують одержання конструктивних параметрів, які можуть бути отримані лише за використання конкретного методу.

#### **Література**

1. Технологічні основи формоутворення спеціальних профільних гвинтових деталей / [Б.М. Гевко, О.Л. Ляшук, І.Б. Гевко та ін.]. – Тернопіль : ТДТУ імені Івана Пулюя, 2008. – 367 с.

**УДК 622.271.4:553**

**Ів.Б. Гевко докт. техн. наук., проф., В.А. Брикса**

Тернопільський технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ДОЦІЛЬНІСТЬ ЗАЛУЧЕННЯ ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАКЛАДІВ ДО РОЗРОБЛЕННЯ НОВОЇ ПРОДУКЦІЇ У МАШИНОБУДУВАННІ**

**Iv.B. Nevko Dr., Prof., V.B. Brix**

### **INVOLVEMENT OF HIGHER EDUCATION TECHNICAL ESTABLISHMENTS INTO DEVELOPING NEW PRODUCTS IN MECHANICAL ENGINEERING**

З метою забезпечення конкурентоспроможності підприємств машинобудівної галузі на ринку необхідно постійно проводити оновлення продукції. Загалом нову продукцію слід впроваджувати тоді, коли попередня перебуває на етапі життєвого циклу – «стабільний випуск і збут продукції». Проблема розробки і освоєння нової продукції включає не тільки технічну розробку виробу, але і комплекс організаційно-економічних заходів, які пов'язані з технологічними, організаційними і фінансовими аспектами. Значна кількість вітчизняних підприємств машинобудування зіштовхуються з браком коштів, які необхідно виділяти на розробку продукту. В них бракує можливостей для створення конструкторських і технологічних бюро, які мають займатися розробкою нової продукції, відсутні кошти на закупівлю ефективного програмного забезпечення для розробки продукції. Тому часто велика кількість ідей по створенню оригінальних нових виробів залишаються нереалізованими. Ці ідеї є інтелектуальною власністю підприємств машинобудування і є значним потенціалом вітчизняної економіки, який через суттєвий брак коштів в сучасних умовах не може бути реалізованим. Тому ця проблема зумовлює потребу у створенні та функціонуванні незалежних бюро з розробки виробів, які б надавали ці послуги різним виробникам машинобудівної продукції.

Враховуючи те, що вищі технічні навчальні заклади володіють значним інженерним потенціалом і здійснюють підготовку відповідних кадрів, вони можуть ефективно бути залученими до процесу надання послуг з розробки машинобудівної продукції. Під керівництвом викладачів студентів доцільно об'єднувати у конструкторсько-технологічні бюро, які доцільно створювати на базі випускних кафедр. Прикладом такого бюро є створене на базі кафедри технології машинобудування ТНТУ ім. І. Пулюя у 2017 році студентського конструкторського бюро. Такі бюро повинні спеціалізуватись з надання послуг із розробки конструкторсько-технологічної документації та техніко-економічного обґрунтування на виробі як на комерційній основі, так і безкоштовно. Основним джерелом фінансування конструкторсько-технологічних бюро при вищих технічних навчальних закладах повинні виступити вітчизняні машинобудівні підприємства, але й держава повинна бути активним гравцем в цих започаткуваннях. Адже державне регулювання науково-технічного розвитку має місце в усіх розвинутих країнах, що дозволяє забезпечувати комплексний підхід до розв'язання наукових і технічних проблем і реалізовувати масштабні науково-технічні проекти. Впровадження даної ініціативи дозволить підвищити конкурентоспроможність вітчизняних підприємств.

#### **Література**

1. Гевко І.Б. Управління процесом розробки і освоєння виробництва нових виробів: Підручник. – / [І. Б. Гевко, Б. М. Гевко]. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2015. - 199 с.

УДК 681.7.012 : 681.785.4

**І.В. Геліч канд. техн. наук, Н.В. Безугла**

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

## **ОСОБЛИВОСТІ АБЕРАЦІЙНОГО АНАЛІЗУ ДЗЕРКАЛЬНОГО ЕЛІПСОЇДА ОБЕРТАННЯ З ВНУТРІШНЬОЮ ВІДБИВАЮЧОЮ ПОВЕРХНЕЮ**

**I.V. Helich Ph.D., N.V Bezuglaya**

### **FEATURES OF ABERRATIONAL ANALYSIS OF MIRROR ELLIPSOID OF REVOLUTION WITH INTERNAL REFLECTION SURFACE**

Використання різноманітних оптичних систем у фотометрії розсіювальних середовищ, зокрема випадково-неоднорідних біологічних структур, дозволяє здійснювати оцінку їх оптичних властивостей. Несферичні поверхні у порівнянні зі сферичними в більшості випадків менш схильні до різних видів спотворень зображень, тому використання множинних конфігурації елементів, що мають несферичну поверхню, є можливим вирішенням багатьох прикладних задач в оптиці. З огляду на конструктивні та функціональні переваги фотометрів з еліпсоїдальними рефлекторами [1], їх використання суттєво спрощує та оптимізує процес оптичної біомедичної діагностики. Проте задача оптимізації можливостей такої незображуючої оптики, зокрема її передавальних властивостей, потребує використання певного критерію оцінки якості їх функціонування. У якості такого критерію з урахуванням багатьох чинників [1-3] було обрано аберації, що виникають при відбитті від стінок рефлектора.

У роботі розглянуто такий оптичний елемент як дзеркальний еліпсоїд обертання з внутрішньою відбиваючою поверхнею. Особливістю його використання є формування у другій фокальній площині «зображення» ідентичного «зображенню» у першій фокальній площині (рис.1), у котрій може бути розміщено об'єкт, розсіювальні властивості якого досліджуються. Використовуючи математичний базис [2], було проаналізовано процес визначення оптимальних параметрів еліпсоїдального рефлектора для його застосування в експериментальній фотометричній системі для визначення оптичних параметрів біологічних середовищ.

Правильний підбір таких параметрів як ексцентриситет та діаметр робочого вікна на основі прогнозованого в рамках чисельного експерименту просторового розподілу розсіяного випромінювання з позицій абераційної якості є доволі важливим.

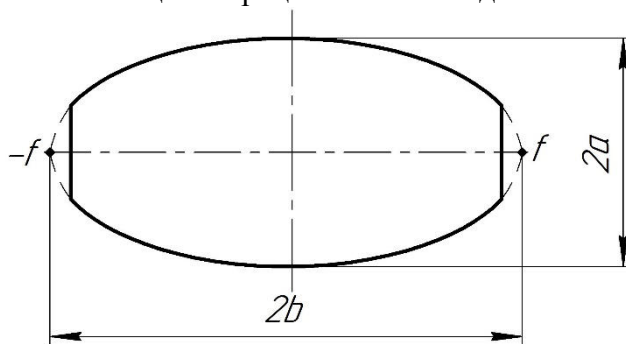


Рисунок 1. Схема дзеркального еліпсоїда

Моделювання проводилося для еліпсоїда наступного виду із заданими параметрами: велика напів-вісь  $b=19,05$  мм, мала напів-вісь  $a=14,475$  мм, промінь було запущено з

початкової точки  $A(10;0)$  під zenітним кутом  $27,7^\circ$ , ексцентриситет дорівнював  $0,65$ , а фокальний параметр  $11$  мм.

У ході моделювання фіксувалися відповідні точки в діапазоні  $[-f;f]$ . Спираючись на особливості поширення оптичного випромінювання в еліпсоїдальному рефлекторі, здійснювався аналіз кількості відбивань від дзеркальної поверхні та їх порядок. На рис.2 показано відповідні порядки відбиття при початковій кількості запущених точок 2001.

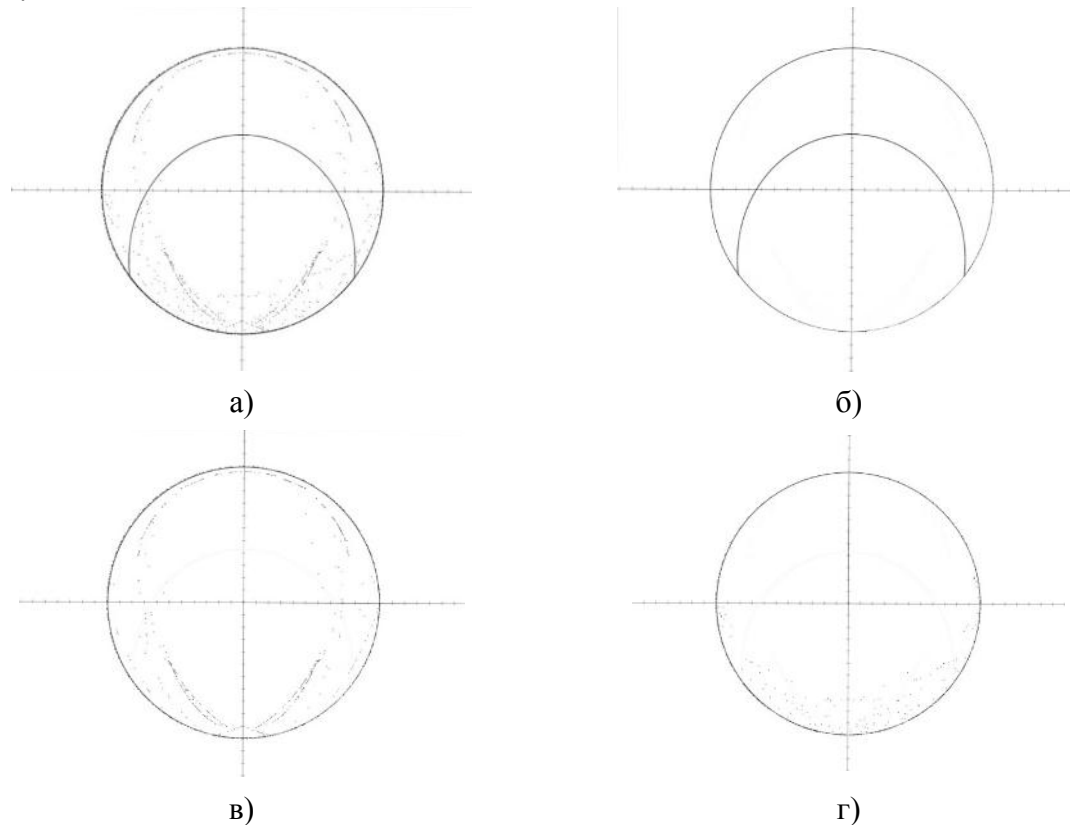


Рисунок 2. Трасекторія відбиття від стінок еліпсоїда при фіксованому zenітному куті та змінному азимутальному: загальна кількість відбиттів (а); перше відбиття (б); друге відбиття (в); відбиття третього порядку і більше (г)

Зазначимо, що на перше відбиття припадає близько  $29,5\%$  (рис.2.б). Друге відбиття зазнали порядку  $43,47\%$  точок від загальної кількості (рис.2.в), відбиття третього порядку і більше близько  $25,93\%$  (рис.2.г).

Отримані результати дозволять оцінити особливості абераційного аналізу при змінних параметрів еліпсоїда та початкової точки запуску, що в подальшому допоможе зафіксувати визначені межі еліпсоїда, у яких починаються багатократні відбиття.

#### **Література**

1. Bezuglyi M. A. Ellipsoidal reflectors in biomedical diagnostic / M. A. Bezuglyi, N. V. Bezuglaya // Proc. SPIE 9032-15. – 2013, V2. – Pp.Q1– Q5.
2. M. A. Bezuglyi, N. V. Bezuglaya, and I. V. Helich, "Ray tracing in ellipsoidal reflectors for optical biometry of media," Appl. Opt.56, 8520-8526 (2017).
3. Безуглий М. О. Метод фотометричного дзеркального еліпсоїда обертання для дослідження шорсткості поверхні / М. О. Безуглий, Д. В. Ботвиновський, В. В. Зубарев, Я. О. Коцур // Методи та прилади контролю якості. – 2011. – №27. – С. 77 – 83.

**УДК 624.011.1:539.3**

**С.С. Гомон, канд. техн. наук, доц.**

Національний університет водного господарства та природокористування, Україна



## **ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ МОДИФІКОВАНОЇ ДЕРЕВИНИ В УКРАЇНІ ДЛЯ ОБ'ЄКТІВ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА**

**S. S. Gomon Ph.D., Assoc. Prof.**

### **PERSPECTIVES OF THE USE OF MODIFIED WOOD IN UKRAINE FOR OBJECTS OF AGRICULTURAL AGRICULTURE**

Проблема зниження матеріаломісткості та економічного зниження вартості виробництва матеріалів і конструкцій залишається однією з найактуальніших у практиці будівництва. Одним із основних напрямків економії матеріалів, які складають матеріали з деревини та дерев'яні конструкції, є процес модифікації деревини, тобто підвищення основних фізико-механічних характеристик.

Способи модифікації деревини згідно [1] в світі вивчені досить глибоко, але актуальною проблемою в наш час залишаються дослідження нових та удосконалення вже існуючих способів модифікації, модифікаторів, а також композиційних матеріалів.

Одним із таких нових модифікаторів для деревини, яка може використовуватися в конструкціях об'єктів сільського господарства, зокрема для тваринницьких ферм (матеріали для підлоги та конструкції кров'яних систем), є «СИЛОР». Полімерна композиція відноситься до мономерів, яка при обробці деревини перетворюється в полімер і може використовуватися для модифікації деревини та є хорошим гідроізолятором. Компонентами полімерної композиції «СИЛОР» є поліізоціанат ( $O=C=N-$    $-CH_2-$    $-N=C=O$  ) з часткою в 30.2...32%, трихлоретилфосфат  $(ClCH_2CH_2O)_3PO$  з часткою в 36,3...37,5% та етилоцитат  $(C_4H_8O_2)$  з часткою в 32...36% [2]. Модифікацію можна проводити за температури 18-21°C. Час полімеризації за температури  $t = 20$  °C – від 14 до 24 годин. Повну міцність полімерна композиція «СИЛОР» набирає за 2-3 доби.

Проведені дослідження міцності модифікованої клеєної деревини сосни в залежності від тривалості природного просочення композитним полімером «СИЛОР». Результати досліджень приведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Збільшення міцності зразків модифікованої деревини

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	9
Тривалість просочення, хв	-	15	30	60	120	240	360	720
Відсоткове збільшення міцності, %	0	3,8	4,6	6,5	10,1	13,9	16,5	19,0
Середнє руйнівне $f_{c,0,d}$ МПа	48,57	50,43	50,80	51,74	53,50	55,34	56,59	57,74

На жаль, в Україні дослідження та виробництво композиційних матеріалів та конструкцій на основі модифікованої деревини не досить розвинене. А, отже, є перспективним та актуальним для будівництва і реконструкції різних об'єктів.

#### **Література**

- ГОСТ 24329 - 80. Древесина модифицированная. Способы модифицирования. М: Стройиздат. - 1980. - 16 с.
- Патент на винахід №40068 Україна. Спосіб ізоляції і зміцнення та полімерна композиція для його здійснення "Силор" Бюлетень №6. – 2001.



УДК 535.2:616-71

Д.В. Горбань

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

### БИОМЕТРИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ПРОЕКТУВАННЯ ФОТОМЕТРІВ З ЕЛІПСОЇДАЛЬНИМИ РЕФЛЕКТОРАМИ

D.V. Horban

#### BIOMETRIC PREREQUISITES FOR THE DESIGN OF PHOTOMETERS WITH ELLIPSOIDAL REFLECTORS

Фотометри з еліпсоїдальними рефлекторами доволі широко використовуються для оптичної діагностики світлорозсіювальних середовищ, у тому числі зразків біологічних тканин [1,2], а також для дослідження профілю непрозорої поверхні [3]. З точки зору оптимізації параметрів вимірювального ядра фотометричної системи, яким є еліпсоїдальні рефлектори, важливо здійснити їх адаптацію до параметрів об'єкту дослідження.

У даній роботі розглянуто обґрунтування вибору граничних товщин біологічного середовища (БС), при яких буде спостерігатись найбільш яскравий розподіл по полю у фотометричних зображеннях при еліпсоїдальній фотометрії. Зазначені результати є одними з передумов, що вважаються ключовими при виборі основних параметрів еліпсоїдальних рефлекторів біомедичних фотометрів, а саме ексцентриситету та фокального параметру [1,2].

Дослідження проведені на підставі модельного експерименту поширення оптичного випромінювання в БС методом Монте-Карло [1,2] на прикладі білої речовини людського мозку для трьох довжин хвиль: 405 нм, 532 нм та 650 нм. Оптичні властивості БС, а саме коефіцієнти поглинання  $\mu_a$  та розсіяння  $\mu_s$ , а також фактор анізотропії розсіяння  $g$  наведені в табл.1. Показник заломлення складав 1.467, а товщини при моделюванні змінювались в діапазоні 0.00001 – 5.00 см.

Таблиця 1. Оптичні властивості білої речовини мозку людини

405нм			532нм			650нм		
$\mu_a$	$\mu_s$	$g$	$\mu_a$	$\mu_s$	$g$	$\mu_a$	$\mu_s$	$g$
0.31	40.2	0.76	0.1	41	0.82	0.08	40.1	0.85

Результатами моделювання є коефіцієнти дифузного відбиття ( $R_d$ ), повного пропускання ( $T$ ) та поглинання ( $A$ ), характеристична зміна розподілу яких для трьох зазначених довжин хвиль показана на рис.1. З графіків видно, що на обраних довжинах хвиль зберігається відносна сталість оптичних коефіцієнтів до товщини тканини яка дорівнює 0,001 см. Порівняємо результати для довжин хвиль 405 нм та 532 нм. На графіках помітно, що для 405 нм частка розсіяного назад випромінювання зростає аж до товщини тканини приблизно 0.9 см, і надалі зі збільшенням товщини практично не змінюється. При цьому коефіцієнт поглинання продовжує зростати і є більшим за абсолютною величиною за коефіцієнт  $R_d$  для товщин порядку 0.9-1.3 см. Збільшення товщини зразка надалі не призводить до суттєвих змін коефіцієнта поглинання. Інша ситуація спостерігається для довжин хвиль 532 нм та 650 нм. На проміжку товщин в діапазоні 0.01-3 см дифузне відбиття переважає поглинання, а надалі обидва коефіцієнти стали. Частка світла, що розсіялась в напрямку вперед природньо зменшується зі збільшенням

товщини тканини від 0.01 см. При цьому коефіцієнт  $T$  зменшується до нуля для довжини хвилі 405 нм при товщині зразка приблизно 2 см, для 532 нм – 4 см, а для 650 нм – 5 см.

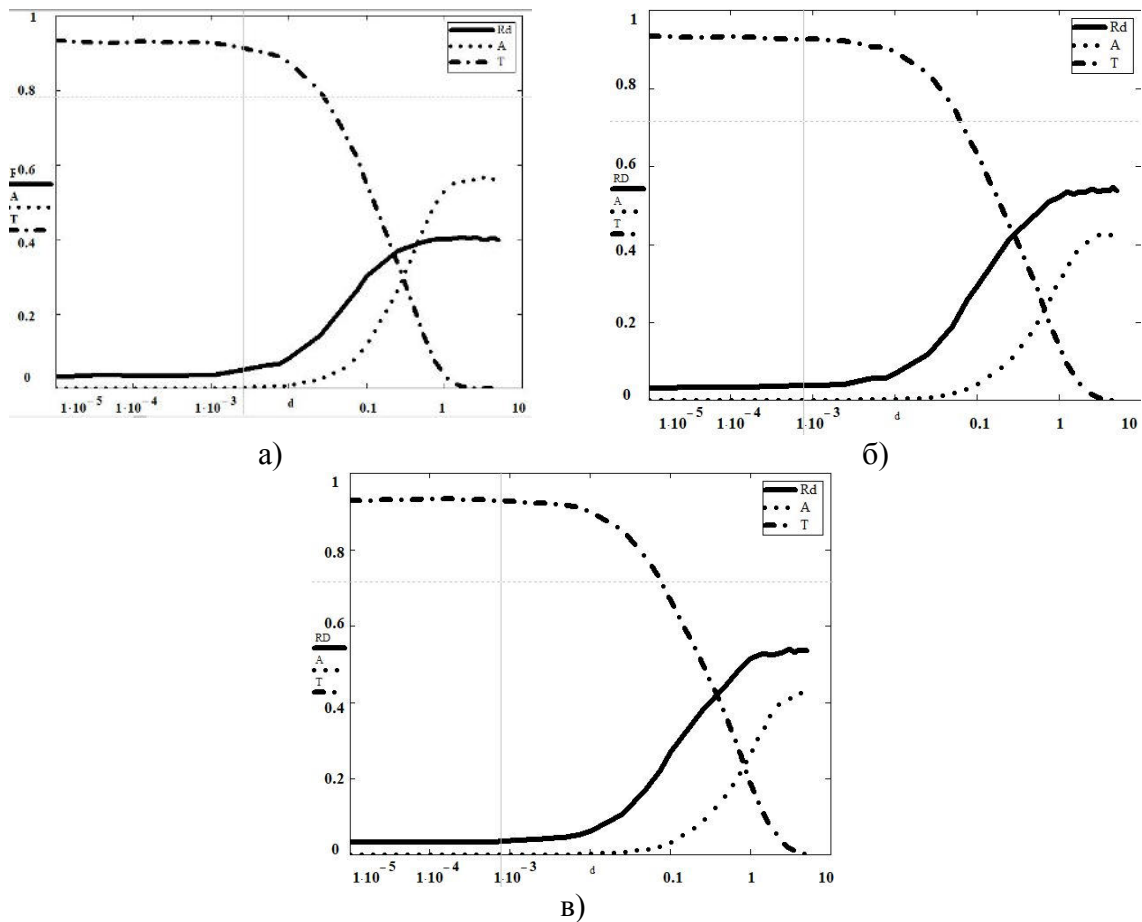


Рисунок 1. Оптичні коефіцієнти для білої речовини мозку людини на довжинах хвиль 405 нм (а), 532 нм (б) та 650 нм (в) в залежності від товщини зразка БС

Аналогічно принципам, викладеним у роботах [1,2], на підставі аналізу отриманих графіків (рис.1) можна визначити найбільш придатні товщини БС для дослідження методами фотометрії з використанням еліпсоїдальних рефлекторів та приготування зразків простими способами. Ці результати можуть бути використані при оптичній діагностиці неврологічних захворювань.

### Література

1. М. А. Bezuglyi, N. V. Bezuglaya, and I. V. Helich, "Ray tracing in ellipsoidal reflectors for optical biometry of media," *Appl. Opt.* 56, 8520-8526 (2017).
2. Безуглий М. А. Обработка изображений при эллипсоидальной фотометрии / М. А. Безуглый, Н. В. Безуглая, А. Б. Самияк // *Приборы и методы измерений*. – 2016. – Т. 7, № 1. – С. 67 – 76.
3. Безуглий М. О. Метод фотометричного дзеркального еліпсоїда обертання для дослідження шорсткості поверхні / М. О. Безуглий, Д. В. Ботвиновський, В. В. Зубарев, Я. О. Коцур // *Методи та прилади контролю якості*. – 2011. – №27. – С. 77 – 83.

УДК 621.835+621.8.028.3

Д. С. Гриценко, канд. техн. наук  
НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», ВПІ, Україна

## СИНТЕЗ ПАРАМЕТРІВ ПРУЖНОЇ ЛАНКИ КУЛАЧКОВОГО МЕХАНІЗМУ ПРИВОДУ ТРАНСПОРТУВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ТАМПОДРУКАРСЬКОЇ МАШИНИ

D. S. Hrytsenko, Ph.D.

### SYNTHESIS OF PARAMETERS OF THE ELASTIC UNIT OF THE CAM MECHANISM OF THE DRIVE OF THE TRANSPORTING DEVICE OF A PAD PRINTING MACHINE

Декорування об'ємних виробів поліграфічними методами простіше за все виконати на тамподрукарському обладнанні. Технологічний процес тамподруку передбачає здійснення процесу друкування у період вистою декорованого виробу. Подання виробів у зону друку виконується кроковими транспортувальними пристроями конвеєрного і карусельного типів. Кроковий періодичний рух можливо здійснювати різними механізмами. Пропонується для приводу транспортувальних пристроїв використовувати кулачкові механізми періодичного повороту [1].

Для забезпечення роботоздатності кулачкового механізму періодичного повороту [2] необхідно забезпечити силове замикання ролика на профілі кулачка. Таке замикання можна отримати за допомогою пружної ланки у вигляді пружини. Для вибору пружини необхідно врахувати статичні та динамічні навантаження в механізмі.

Під час роботи механізмів періодичного руху створюються надмірні сили інерції, які виникають при нерівномірному русі ведених мас. Часткова або повна локалізація сил інерції за допомогою пружної ланки дає можливість стабілізувати динамічні навантаження в кінематичному ланцюзі системи. Тому створення нових механізмів з пружними елементами для періодичного руху транспортувальних систем для подачі виробів в зону друку є актуальною комплексною задачею [3, 4].

Розрахункова схема пружної ланки кулачкового механізму тамподрукарської машини представлена на рис. 1.

Максимальний сумарний крутний момент на головному валу привода з урахуванням крутних моментів від дії статичних і динамічних сил на валі ведучої зірки ланцюгового транспортеру, визначається:  $M_{кр} = u_k \frac{I_{\Sigma} \cdot \gamma_{\Sigma}^2}{\varphi \cdot T^2 \cdot \eta}$ , де  $\varphi$  – цикловий кут повороту головного валу за час  $T$ ,  $I_{\Sigma}$  – сумарний момент інерції ведених мас,  $\eta$  – коефіцієнт корисної дії механізму привода,  $u_k$  – позиційний інваріант подібності сумарної потужності,  $\gamma_{\Sigma}$  – кутовий розмах веденої ланки,  $T$  – час повороту головного валу [5, 6].

З рис. 1 можна визначити величину повного переміщення кінця пружини, яка залежить від ци-

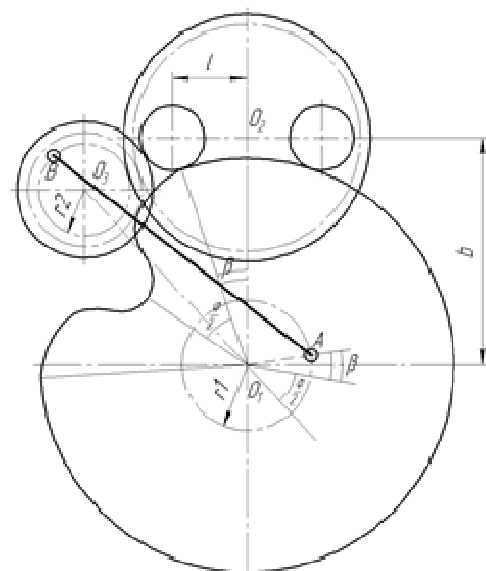


Рисунок. 1. Схема розрахунку пружної ланки

кулового кута повороту і кутового розмаху веденої ланки:  $X = r1 \left( \cos \left( \frac{\varphi}{2} + \arctan \frac{l}{b} \right) + 1 \right)$ ,

де  $l$  – радіус коромислового диска,  $b$  – база механізму,  $r1$  – ексцентриситет закріплення пружини на кулачку,  $r2$  – ексцентриситет закріплення пружини на додатковій шестерні.

А також величину монтажної деформації пружини:  $S_0 = O_1O_3 + r2 - r1$

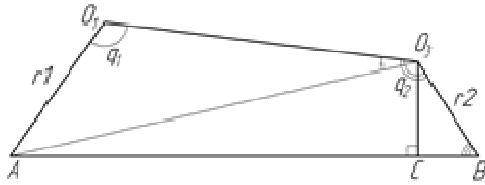


Рисунок 2. Розрахункова схема визначення довжини пружини під час роботи

Для визначення сили, яку потрібно створити пружиною при максимальному крутному моменті, знайдемо величину переміщення пружини, розглянувши довільний чотирикутник  $O_1O_3BA$  (рис. 2). Момент, який створює пружина, визначається як сила дії пружини на довжину нормалі  $O_3C$ . Також потрібно врахувати, що момент, який створюється на веденому валу коромислового диску від дії пружини, визначається:  $M_{vv} = \eta_{зуб} \cdot i \cdot M_{np}$ , де  $\eta_{зуб}$

– КПД зубчастої циліндричної передачі,  $i$  – передавальне відношення передачі,  $M_{np}$  – момент, який створюється пружиною на додатковій шестерні, дорівнює:  $M_{np} = c \cdot AB_k \cdot O_3C_k \cdot n_z$ , де  $c$  – жорсткість пружини,  $n_z$  – коефіцієнт запасу надійності.

Знайдемо кут  $\angle AO_1O_3$ , який залежить від фазового кута:

$$\angle AO_1O_3 = q_1 = \pi - \left( \frac{\varphi}{2} + \arctan \frac{l}{b} \right) + k \cdot \varphi$$

Знайдемо кут  $\angle O_1O_3B$ , який залежить від ЗПР веденої ланки і передаточного відношення зубчастої циліндричної передачі:  $\angle O_1O_3B = q_2 = \pi - i \cdot a_k \gamma_\Sigma$ , де  $a_k$  – позиційний інваріант переміщення веденої ланки.

Враховуючи, що значення величин  $O_1O_3$ ,  $r1$  і  $r2$  відомі, можна розрахувати довжину діагоналі  $AO_3$ , з трикутника  $AO_3O_1$  – кут  $O_1O_3A$ . Віднявши від  $\angle O_1O_3B$  кут  $O_1O_3A$ , отримаємо  $\angle AO_3B$ . З трикутника  $AO_3B$  знаходимо  $\angle O_3BA$ . Тепер можна визначити значення довжини нормалі:  $O_3C = O_3B \cdot \sin \angle O_3BA$ .

Таким чином, за представленою методикою можна розрахувати жорсткість пружини, діаметр дроту і її розмірів для здійснення замикання кулачкової пари механізму приводу транспортувального пристрою тамподрукарської машини.

#### Література

1. Шостачук Ю.О. Дослідження точності позиціонування транспортувальних пристроїв конвеєрного типу тамподрукарської машини ТДМ-300 / Ю.О. Шостачук, Д.С. Гриценко // Збірник наукових праць «Технологія і техніка друкарства». – К., 2011. – № 3(33). – С. 89-95.
2. Гриценко Д. С. Комп'ютерне моделювання кулачкового механізму приводу поворотного столу тамподрукарської машини / Д. С. Гриценко // Технологія і техніка друкарства. – 2016. – №1(51). – С. 105–112.
3. Гриценко Д. С. Конвеєр подання паковань у тамподрукарську машину (експериментальне дослідження крокового приводу) / Д. С. Гриценко // Упаковка. – 2016. – №2. – С. 45–48.
4. Гриценко Д.С. Порівняльний аналіз результатів аналітичних та експериментальних досліджень механізму приводу конвеєру тамподрукарської машини ТДМ-300 / Д.С. Гриценко // Вісник НТУУ КПІ серія Машинобудування. – 2016. – №2(77). С. 35-39.
5. Гриценко Д.С. Кінематика приводу конвеєра тамподрукарських машин / Д.С. Гриценко // Збірник наукових праць «Поліграфія і видавнича справа». – Л., 2009. – № 2 (50). – С. 40-47.
6. Гриценко Д.С. Динаміка приводу крокового транспортера тамподрукарських машин / Д.С. Гриценко // Збірник наукових праць «Комп'ютерні технології друкарства». – Л., 2011. – № 25. – С. 264-273.

УДК 624.072.2.014.2-413

С.А. Гудзь канд. техн. наук, доц., А.В. Гасенко канд. техн. наук, доц.  
Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Україна

## **ЗБЕРЕЖЕННЯ СТІЙКОСТІ СТАЛЕВИХ БАЛОК ПОКРИТТЯ ЗА РАХУНОК ЖОРСТКОСТІ ПРИЄДНАНИХ КОНСТРУКЦІЙ**

**S.A. Goods Ph.D., Assoc. Prof., A.V. Gasenko Ph.D., Assoc. Prof.**  
**STABILITY SAVING OF STEEL ROOF BEAMS BY  
STIFFNESS OF CONNECTED CONSTRUCTIONS**

Проведемо аналіз і намітимо шляхи вирішення проблеми визначення несучої здатності сталевих балок, що схильні до втрати загальної стійкості. Рівна двотаврова балка, що згинається в площині стінки, може відмовити внаслідок втрати нею загальної стійкості. При досягненні навантаженням критичного значення така балка починає закручуватись і виходити з площини згину. Розрахунок на стійкість, що міститься в нормах, ураховує експлуатаційні геометричні недосконалості реальної балки у вигляді початкових викривлень у площині найменшої жорсткості введенням додаткового коефіцієнту. Схильність балки до нестабільності виникає внаслідок недостатнього розкріплення стиснутого пояса балки приєднаними конструкціями, до яких віднесено: монолітні та збірні залізобетонні плити; сталевий плоский і профільований настил, сандвіч-панелі й інші огорожувальні конструкції; прогони, балки настилу та інші другорядні балки; дискретні в'язі (горизонтальні хрестові в'язі, тяжі). Перші два типи конструкцій можна віднести до континуальних в'язей, інші два належать до дискретних. Ці конструкції зменшують розрахункову довжину балки та підвищують її загальну стійкість. Також стабілізація балок може відбуватись за рахунок заходів із влаштування конструктивних деталей: плоских і об'ємних ребер жорсткості, виступів балок у приопорних ділянках і примикання колон у місцях обпирання. В'язі різного роду можуть не тільки виконувати свою безпосередню функцію, але й ефективно використовуватися для закріплення сталевих балок з метою уникнення закручування та втрати стійкості, таким чином зменшуючи ступінь використання перерізу і витрати сталі. Закручування статично визначених балок не відбувається, якщо зсувної жорсткості в'язей достатньо для забезпечення повного закріплення стиснутого пояса балки від поперечних зміщень. У всіх інших випадках необхідно перевіряти розрахунком достатню крутильну жорсткість в'язей. Балка вважається достатньо розкріпленою від кручення, якщо наявна крутильна жорсткість конструкцій, що її розкріплюють, більша від потрібної (умова ВВ.3 EN 1993-1-1), або спрощено при дискретному боковому розкріпленні стиснутого пояса повинна виконуватись умова 6.59 EN 1993-1-1 або умова 9.30 ДБН В.2.6-198:2014.

При дотриманні вимог нормативного документа [1, п. 9.4.4] стійкість балки двотаврового перерізу, що згинається у площині стінки або у двох площинах, зазвичай не перевіряється. В інших випадках, при недостатньому закріпленні стиснутого пояса, потрібно виконати розрахунок стійкості балки за формулою з коефіцієнтом стійкості при згині. Проте вплив жорсткості в'язей на підвищення стійкості балки в українських нормах ніяк не відображено. Тому розроблення методів урахування жорсткості в'язей при розрахунку сталевих балок є актуальною науково-технічною проблемою.

Якщо в'язі жорстко приєднані до верхнього пояса, то вони перешкоджають закручуванню і втраті стійкості балки за згинально-крутильною формою. Згідно з європейськими нормами [2] розрахунок стійкості балки, який полягає у визначенні критичного згинального моменту, при дії поздовжнього стискувального зусилля, що не пере-

вищує 10% критичної сили, виконувати не потрібно за наявності достатньої крутильної жорсткості в'язей. Для цього слід спочатку визначити зсувну жорсткість в'язей і порівняти її з потрібною. Вільна вісь обертання балки приймається, коли наявна зсувна жорсткість в'язей, менша від потрібної. При достатній зсувній жорсткості вважається, що стиснутий пояс повністю закріплений від поперечних зміщень і вісь обертання, котру в цьому випадку називають зв'язаною (обмеженою), проходить по верху балки. Щоб визначити умовну гнучкість для втрати стійкості за поперечно-крутильною формою, залежно від якої встановлюється знижувальний коефіцієнт стійкості при згині за європейськими нормами, потрібно знати критичний момент втрати стійкості плоскої форми згину в пружній стадії ( $M_{cr}$ , інша назва – умовний критичний згинально-крутильний момент). Його значення для шарнірно опертої по кінцях двотаврової балки, завантаженої рівномірно розподіленим навантаженням, може бути встановлене згідно з національним додатком National Application Document (NAD) до EN 1993-1-1. В інших випадках критичний момент рекомендується визначати чисельно за допомогою моделювання. Для шарнірно опертого по кінцях стержня, завантаженого рівномірно розподіленим навантаженням і опорними згинальними моментами, існує методика визначення критичного моменту ( $M_{cr}$ ), яку наведено в п. 6.6 роботи [3]. За таких умов і при різних граничних умовах і видах навантажень рекомендується використання спеціальної безкоштовної програми LTBeam (вона може бути вільно завантажена із сайту: <http://www.cticm.com>). Критичний момент потрібен для розрахунку недостатньо розкріплених згинних сталевих двотаврових елементів за поперечно-крутильною формою втрати стійкості (англ. – lateral torsional buckling). Окрім цього, інколи доцільно врахувати крутильну і/або зсувну жорсткість конструкцій, що дискретно чи континуально розкріплюють стиснутий пояс балки в більшості практичних випадків і зменшують деформації його зміщення [4, 5]. Врахування заокруглень у місці примикання полицки до стінки дозволяє суттєво збільшити значення моменту інерції при вільному крученні, необхідного для розрахунків. Його теж можна визначити в поширеній комп'ютерній програмі LTBeam. Формулу для визначення критичного моменту з урахуванням зсувної (крутильної) жорсткості можна вивести, використовуючи наближений спосіб розв'язання задачі для однопролітної балки, завантаженої рівномірно розподіленим навантаженням без опорних згинальних моментів, з шарнірними опорами у формі вил. Критичне навантаження може бути знайдене при використанні умови рівності нулю сумарної елементарної віртуальної роботи на основі принципу можливих переміщень (енергетичного методу) з введенням виразів, що задовольняють граничні умови при шарнірному обпиранні. Знаючи критичний момент для врахування зсувної жорсткості, можна уточнити формулу (Н.3) ДБН [1] для визначення коефіцієнта стійкості при згині.

#### **Література**

1. ДБН В.2.6-198:2014. Конструкції будівель і споруд. Сталеві конструкції. Норми проектування / Остаточна редакція. Видання офіційне. – Надано чинності з 1 січня 2015 р. – К.: Мінрегіонбуд України, 2014. – 199 с.
2. ДСТУ-Н Б EN 1993-1-1:2010. Єврокод 3: Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-1. Загальні правила і правила для споруд. – К.: Мінбуд України, 2011. – 150 с.
3. Kindmann, R.: Stahlbau, Teil 2: Stabilität und Theorie II. Ordnung. 4. Auflage, Berlin: Ernst & Sohn, 2008. – 429 s.
4. Kuhlmann, U.: Stahlbau-Kalender 2009: Schwerpunkt – Stabilität, Berlin: Ernst & Sohn, 2009. – 1032 s.
5. Wagenknecht, G. Stahlbau-Praxis nach Eurocode 3: Band 1 Tragwerksplanung, Grundlagen, Berlin: Beuth Verlag GmbH, 2011. – 396 s.

**UDC 621.81**

**L.M. Danylchenko Ph.D., Assoc. Prof., V.V. Bobryk, Nwaoyibo Donatus Jnr**  
Ternopil Ivan Pul'uj national technical university, Ukraine

## **OPTIMIZATION CUTTING TOOL GEOMETRY FOR TITANIUM ALLOYS**

**Л.М. Данильченко канд. техн. наук, доц., В.В. Бобрик, Нваоїбо Донатус Джуніор**  
**ОПТИМІЗАЦІЯ ГЕОМЕТРІЇ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ ТИТАНОВИХ**  
**СПЛАВІВ**

Titanium alloys are extensively used in mechanical engineering and metal-working industry, automobile and chemical applications due to their classical properties of high strength to weight ratio, specific strength at high temperatures, corrosion resistance, creep and fatigue strength etc. Manufacture of precision components from titanium alloys is a challenging task as the alloys comes under difficult to cut material due to the inherent qualities of low thermal conductivity, low modulus of rigidity, work hardening, high chemical reactivity with tool, built-up edge formation etc. during machining.

The cutting tools exhibits forces on the work piece and similar forces are experienced by the cutting tool while cutting the work material. Cutting tool geometries such as cutting angles and nose radius play a vital role in machining of any work material (titanium alloys). The rake angles have major effects on cutting forces and chip formation by giving adequate strength to the cutting tool. The tool nose radius has effect on strength of the cutting edge and surface finish. The manufacturing engineers always quest for optimized cutting tool geometry, but it is very difficult to carry out the experiments with various tool geometries as it involves consumption of tools, material and time etc. Hence, to address the above issues, a computer aided engineering (CAE) approach has been adopted in the recent days. Here, the cutting tool geometry can be optimized by design of experiments (DOE) techniques and a machining simulation and analysis (Deform 3D) software by defining required material properties of titanium alloys, tool geometry, cutting parameters etc. The axial directional feed force, radial directional thrust force and tangential cutting force may be calculated for turning experiments through computer aided machining simulations. These cutting forces need to research in statistical (Minitab) software for percentage contribution of cutting tool geometries such as back rake angle, side rake angle and nose radius.

In machining process, most of the mechanical energy used to remove material becomes heat. This heat generates high temperature in the cutting region. The new challenge in machining is to use high cutting speed in order to increase the productivity. This is the main reason for rapid tool wear. For titanium and its alloy, this problem is more severe due to their low thermal conductivity. 80% of the heat generated in the cutting region goes to the cutting tool and cause wear. So it is convenient to use transient cutting speed for machining the highly reactive material like titanium alloy. So, it is better to optimize the variables either cutting parameters or tool geometry parameters for tool life to increase the productivity at good surface finish. The influence of each control factor can be more clearly presented with the Taguchi method as a well-known technique that provides a systematic and efficient methodology for process optimization and this is a powerful tool for the design of high quality systems. Taguchi approach to design of experiments (DOE) is easy to adopt and apply for users with limited knowledge of statistics, hence gained wide popularity in the engineering and scientific community. This is an engineering methodology for obtaining product and process condition, which are minimally sensitive to the various causes of variation, and which produce high-quality products with low development and manufacturing costs.

**УДК 621.867**

**Л.М. Данильченко канд. техн. наук, доц., О.Є. Шушкевич**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ОБҐРУНТУВАННЯ ПЕРЕВАГ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ВИСОКОШВИДКІСНОЇ ОБРОБКИ**

**L.M. Danylchenko Ph.D., Assoc. Prof., O.E. Shushkevich**

### **JUSTIFICATION OF THE BENEFITS OF THE USING OF METHODS OF HIGH-SPEED MACHINING**

Високошвидкісне механічне оброблення відноситься до одного з перспективних напрямів розвитку сучасної технології машинобудування. цей напрям сформувався в 40-х роках минулого століття і з того часу є перманентним.

Високошвидкісне механічне оброблення (англ. HSM - High Speed Machining) (ВМО) - це сучасна технологія виготовлення, яку можна віднести до групи технологічних методів виготовлення деталей шляхом оброблення різанням різцями з певною геометрією. За основним принципом він не відрізняється від звичайного фрезерування. В ньому також за допомогою різального інструменту, що обертається, з декількома певними різцями (фрезами) знімається (зрізується) матеріал із заготовки. Проте при високошвидкісному фрезеруванні швидкості різання і подач в 5-10 разів вище, ніж при звичайному обробленні.

При невеликих перетинах зрізу в даному діапазоні швидкостей основна маса тепла концентрується в стружці, не встигаючи переходити в заготовку. Саме це дозволяє вести оброблення загартованих сталей, не опасаючись відпустку поверхневого шару. Звідси основний принцип ВШО- малий перетин зрізу, що знімається з високою швидкістю різання, і відповідно високі оберти шпинделя і висока хвилинна подача. Головний ефект ВШО полягає не в зменшенні машинного часу за рахунок інтенсифікації режимів різання, а в підвищенні якості оброблення і можливості ефективного використання сучасних верстатів з ЧПК. Умовою успіху в високошвидкісному різанні може бути правильний вибір усіх складових факторів, що беруть участь в цьому процесі - верстат, система ЧПК, різальний інструмент, допоміжний інструмент із системою закріплення інструменту, система програмування, кваліфікація технолога-програміста і оператора верстата з ЧПК. Нехтування одним із цих складових може звести до нуля всі попередні зусилля.

Основний принцип високошвидкісного оброблення полягає в тому, що при дуже високій швидкості різання відбувається значне збільшення температури в зоні різання, і оброблюваний матеріал є м'яким. Високошвидкісне фрезерування базується, перш за все, на скороченні кількості тепла, що виникає при обробленні різанням, яке знижує стійкість інструменту. При виборі оптимальних режимів різання можна забезпечити такі умови оброблення, при яких температура поверхні різання відповідає початковій температурі. Саме тому використовують високошвидкісне оброблення. Рекомендована глибина різання не повинна перевищувати 10% діаметра фрези. Маючи можливість здійснення лезвийного оброблення загартованих сталей, можна забезпечити якість поверхні, отриману електроерозійним обробленням.

При звичайному обробленні із збільшенням швидкості різання і зменшенням товщини стружки безперервно підвищується температура оброблюваної заготовки, стружки та інструменту. Але якщо підвищити швидкість подач в 5 -10 разів, як це має місце при високошвидкісному фрезеруванні, то температура різців незначно



підвищується. Причина цього полягає в тому, що швидкість подачі перевищує швидкість теплопровідності оброблюваного різанням основного матеріалу. Фреза «випереджає» поширення тепла. Тим самим поширення тепла, що утворюється в зоні контакту, в основний метал заготовки і фрези переважно незначне, а основна частка тепла від різання відводиться із стружкою. За рахунок цього значно збільшується стійкість інструменту. Дослідження фахівців показали, що під час виконання ВШО 75% виробленого тепла відводиться із стружкою, 20 % - через інструмент, і 5% - через оброблювану деталь. Деталь в процесі різання нагрівається незначно, що позитивно впливає на точність оброблення. На підставі досліджень оброблення матеріалів із високими значеннями міцності і твердості можливо розрахувати температуру поверхні різання деталі залежно від режимів різання. Температура поверхні різання визначає також величину і напрям залишкового напруження в поверхневому шарі деталі після її оброблення. Так, високі теплові навантаження зумовлюють виникнення напруження розтягу на обробленій поверхні, що, у свою чергу, може призвести до виникнення волосяних тріщин в поверхні деталі. Методи високошвидкісного оброблення найефективніше застосовувати в інструментальному виробництві для оброблення прес-форм для лиття металів, прес-форм для лиття пластмас, оскільки формувальні деталі (матриці і пуансони) виготовляються, як правило, з однієї заготовки за одну установку. Їх також ефективно застосовувати для оброблення штампів при виготовленні деталей складної форми. Оброблювані матеріали володіють високою твердістю і схильні до утворення тріщин. Можливість оброблення заздалегідь загартованих заготовок дозволяє значно збільшити довговічність деталей штампів. У всіх випадках завдяки високошвидкісному фрезеруванню досягається в порівнянні із звичайним фрезеруванням зниження основного технологічного часу (у 5-10 разів). Проте при виробництві інструментів, що характеризується обробленням складних форм і поверхонь вільної форми, застосовується інша стратегія. Щоб уникнути працемісткої і дорогої ручної роботи при фрезеруванні зменшують формат рядка, тобто відстань між двома паралельними, розташованими поруч одна із одною траєкторіями, проведеними центром фрези. Таким чином, можна при однаковому основному машинному часі уникнути ручної роботи і тим самим заощадити витрати.

Ефект високошвидкісного фрезерування полягає ще і в можливості оброблення в надкритичному для коливачів діапазоні, оскільки при високих швидкостях обертання значно перевищуються частоти резонансу деталі, інструменту і компонентів верстата. Одночасно з цим, за рахунок невеликих поперечних перетинів зрізу сили різання можуть бути невеликими, що сприятливо позначається на дотриманні розмірів вузлів. Крім того, проблема виділення тепла зведена до мінімуму, як наголошувалося вище.

Проте високошвидкісне фрезерування має і певні недоліки. Через необхідність використовувати лише спеціальні високошвидкісні інструментальні шпинделі, потрібні для такої високої швидкості обертання, в даний час в основному застосовуються інструменти діаметром від 15 до 20 мм. Загальновідоме обмеження фрезерування вузлами з чималим внутрішнім радіусом і максимально можливим співвідношенням ширини і глибини контакту (для створення невеликого вильоту фрези). Цей недолік властивий також і високошвидкісному фрезеруванню. Тому технолог повинен дотримуватись правил при складанні програм оброблення, використовувати САМ системи, які підтримують ці правила. Одне з них - необхідно забезпечити малі перетини зрізу, що знімаються з великою швидкістю. Це основа високошвидкісного оброблення, яка реалізується простим завданням малих кроків між проходами, окрім випадків врзання, коли йде прохід повною шириною фрези.

**УДК 621.867**

**Л.М. Данильченко канд. техн. наук, доц., М.М. Питель**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕНДЕНЦІЙ РОЗВИТКУ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ МАШИНОБУДУВАННЯ**

**L.M. Danylchenko Ph.D., Assoc. Prof., M.M. Pytel'**

### **RESEARCH OF TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF MODERN TECHNOLOGY ENGINEERING**

Технічний прогрес в машинобудуванні характеризується як покращенням конструкцій машин, так і неперервним удосконаленням технології їх виробництва. Від прийнятої технології залежить надійність роботи машин, а також економічність їх експлуатації. Основні задачі:

- вдосконалення заготівельних процесів для максимального наближення форми заготовок до конфігурації готових деталей, підвищення точності заготовок та покращення якості їх поверхневого шару;
- підвищення точності оброблення, якості поверхонь деталей машин;
- впровадження засобів автоматизації, верстатів з числовим програмним керуванням, багатоопераційних верстатів.

Серійне виробництво, в якому випускається до 80% загальної продукції, характеризується великими затратами робочого часу на виконання допоміжних операцій. Основним напрямком скорочення цих затрат є автоматизація виробничих процесів за рахунок використання верстатів з ЧПК. На цих верстатах досягається висока ступінь автоматизації оброблення і можливість їх швидкого переналагоджування на оброблення будь-якої деталі в межах технічних характеристик.

Ефективність застосування верстатів з ЧПК виражається в:

- підвищенні точності й однорідності розмірів і форми заготовок;
- підвищенні продуктивності оброблення в кілька разів;
- зниженні собівартості оброблення;
- значному зниженні потреб у висококваліфікованих верстатниках.

Застосування верстатів з ЧПК розвивається у двох напрямках:

Перший напрямок – оброблення дуже складних заготовок унікальних деталей, що мають складну конфігурацію і різні фасонні поверхні, виготовлення яких на традиційних верстатах є неможливим або вимагає великих затрат часу і праці, в тому числі висококваліфікованої або важкої фізичної праці.

Другий напрямок – оброблення заготовок звичайних деталей з точністю IT16 – IT8 та шорсткістю  $Rz = (3 \dots 10)$  мкм. Економічна ефективність застосування верстатів з ЧПК проявляється уже при обробленні відносно невеликих партій заготовок. Відбувається вдосконалення систем ЧПК та конструкцій верстатів, які сприяють підвищенню їх точності і продуктивності, розширенню технологічних можливостей з обробленням з одного установа найбільшого числа поверхонь заготовки.

Вдосконалення систем ЧПК в першу чергу спрямовано на підвищення точності оброблення заготовок і компенсацію виникаючих похибок. Системами забезпечується безступінчасте регулювання частоти обертання шпинделя із збереженням постійності швидкості різання при переході на оброблення поверхонь другого діаметра; можливість кутового позиціонування шпинделя для орієнтованої установки в патрон

несиметричної заготовки; можливість поперечного оброблення на токарному верстаті нерухомої заготовки свердлінням і фрезеруванням.

Нові системи з ЧПК передбачають компенсацію систематичних похибок оброблення, пов'язаних із тепловими деформаціями технологічної системи, впливом зазорів в з'єднаннях на точність переміщень; автоматичне коригування накопичених похибок. В сучасних токарних верстатах вводиться автоматичне вимірювання розмірів оброблюваних заготовок. Отримана інформація обробляється системами ЧПК для здійснення автоматичного коригування положення інструменту.

Для запобігання поломкам інструменту та появи браку в багатьох системах вводяться обмеження, що переривають процес оброблення при досягненні граничних значень потужності різання, сили, моментів тощо.

Для серійного та крупносерійного типів виробництва верстати з ЧПК споряджуються засобами для завантаження та розвантаження заготовок, що дає можливість використовувати їх в складі гнучких автоматизованих дільниць.

Токарні, фрезерні і фрезерно-свердлильні-розточні верстати з оперативною системою керування дозволяють здійснювати програмування безпосередньо на верстаті із введенням управляючої програми за допомогою клавіатури пульта верстата. Сучасні багатоопераційні верстати мають пристрої для зміни окремих інструментів та багатошпиндельних головок, оснащуються змінними столами і наборами поворотних плит-супутників, що дозволяє здійснювати швидко автоматичну заміну оброблюваних заготовок різних типів і розмірів з контролем позиціонування базових поверхонь.

Для організації автоматичного циклу оброблення сучасні багатоопераційні верстати забезпечуються пристроями для контролю стану різального інструменту і ступені його затуплення на основі контролю потужності, крутного моменту, сили струму або величин складових сил різання. Величина розмірного зношування інструменту для коригування його положення визначається за результатами автоматичних вимірювань оброблюваної заготовки або вимірювань інструменту безпосередньо на верстаті. За рахунок об'єднання верстатів з ЧПК в поточні лінії досягається неперервність технологічного процесу і його часткова автоматизація. створюються групові поточні лінії. Підвищення ефективності виробництва може здійснюватись за рахунок високоавтоматизованих технологічних комплексів устаткування, що функціонують з використанням принципів "безлюдної" технології - без участі робітників або з мінімальною кількістю обслуговуючого персоналу. Розвиток подібних комплексів і перехід на безлюдну технологію в умовах багатонаменклатурного серійного виробництва є можливим на основі впровадження гнучких виробничих систем. Гнучка виробнича система (ГПС) - це сукупність або окрема одиниця технологічного устаткування і система забезпечення її функціонування в автоматичному режимі, яка має властивості автоматизованого переналагоджування при виробництві виробів довільної номенклатури у встановлених границях значень їх характеристик. Гнучке автоматизоване виробництво представляє собою розвинуту автоматизовану систему, що управляється від ЕОМ; воно включає в себе комплекс обробного устаткування, зв'язаного автоматизованою транспортно-складською системою подачі, зберігання і транспортування заготовок та стружки (АТСС), автоматизовану систему інструментального забезпечення (АСІЗ), систему автоматизованого контролю (САК), зв'язане із системою автоматизованого проектування конструкцій виробів, що випускаються (САПР), автоматизованою системою технологічної підготовки виробництва (АСТПП); автоматизованою системою наукових досліджень (АСНД) та автоматизованою системою управління виробництвом (АСУВ).

**УДК 621.867**

**Л.М. Данильченко канд. техн. наук, доц., В.М. Сарафін**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ АДАПТИВНИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ РІЗАННЯ**

**L.M. Danylchenko Ph.D., Assoc. Prof., V.M. Sarafin**

### **RESEARCH OF ADAPTIVE SYSTEMS OF AUTOMATIC CONTROL OF THE CUTTING PROCESS**

Існує велике число варіантів систем автоматичного керування процесом різання різних ступенів складності, незалежно від яких ці системи частіше називають адаптивними.

Розрізняють два класи адаптивних систем, які об'єднують системи:

- граничного регулювання;
- системи оптимізації.

Системи першого підкласу, як правило, переслідують мету підвищення ефективності оброблення. Системи оптимізації вирішують задачу підвищення ефективності шляхом активного використання критерію ефективності, що має цілком визначене математичне вираження.

Додання системам числового керування додаткових функцій (адаптації і інших) призвело до появи різноманітних і складних структур, при аналізі і класифікації яких найбільш важливим є інформаційний підхід. Подібний підхід дозволяє підрозділяти системи за числом і характером інформаційних потоків.

Окремі компоненти системи керування відповідно до свого інформаційного призначення належать різним ієрархічним рівням. На рівні першого рангу розміщуються давачі зворотного зв'язку за положенням виконавчих органів верстата, технологічними і розмірними параметрами, що характеризують стан технічної системи (ТС), параметрам внесених в ТС збурень, істинною точністю деталі, що обробляється на верстаті. На цьому ж структурному рівні знаходяться пристрої, які забезпечують контроль за наявністю, подачею, зняттям заготовок, пристосувань інструментів, пристрої, що входять в систему діагностики, які призначені для спостереження за правильним ходом процесу різання, для реєстрації можливих неполадок і вироблення способів їх ліквідації.

Ієрархічний рівень другого рангу – це сукупність виконавчих регульованих приводів і виконавчих механізмів верстата: основних, що здійснюють програмне переміщення виконавчих органів, допоміжних, що виконують різного роду технологічні команди, додаткових, призначених для підналагоджувальних і коригувальних переміщень.

На третьому ієрархічному рівні знаходяться пристрої ЧПК будь-якого типу. Цей рівень є найбільш високим для індивідуального програмного керування, оскільки рівні четвертого і більш вищих рангів належать ЕОМ.

Ієрархічні рівні різних рангів пов'язані між собою інформаційними потоками, використане число яких у відомій степені характеризує досконалість системи керування. У позначеннях потоків використана подвійна індексація: верхній індекс означає номер інформаційного потоку; перша цифра нижнього індексу визначає ранг, на якому потік формується; друга цифра нижнього індексу характеризує ранг, на якому потік замикається.

Інформаційний створюється керуючою програмою, яка, будучи введеною в пристрій ЧПК на рівні третього рангу, приводить в рух виконавчі механізми і приводи другого рангу та всю систему контролю і вимірів першого рангу. Ступінь досконалості першого інформаційного потоку залежить від достовірності апріорних відомостей, якими володіє технолог-програміст про майбутні властивості процесу оброблення.

Джерелом інформації є давачі зворотного зв'язку, які слідкують за положенням виконавчих органів верстата. Таким чином, цей потік властивий замкнутим системам ЧПК, виконавчою частиною яких виступає слідкуючий привод, а в розімкнутих системах ЧПК він відсутній. Блок порівняння слідкуючих систем конструктивно входить в пристрій (пульт) ЧПК, а тому інформаційний потік замикається на ієрархічному рівні третього рангу.

Електричні сигнали від давачів, які вимірюють силові параметри різання, температурні і силові деформації, відносні коливання інструменту і заготовки, поточне зношення інструменту, утворюють інформацію, яка характеризує стан ТС безпосередньо в процесі оброблення. Подібна інформація тим більш цінна, оскільки поточні значення окремих складових потоку або взагалі не враховувались при розрахунку керуючої програми (як правило, це відноситься до деформацій ТС), або значно різняться з тими, які були використані на стадії розрахунку (що, зокрема, відноситься до параметрів режимів різання, для розрахунку оптимальних значень котрих не має достатньо достовірних методик). Потік може бути використаний для підвищення точності оброблення і оптимізації процесу різання. Залежно від конкретної структури системи керування потік замикається на блоці адаптації пристрою ЧПК(тобто на третьому рівні) або в ЕОМ (тобто на четвертому рівні), а саме там, де вносяться необхідні коригування або доповнення в керуючу програму.

Інформаційний потік збурень впливає на верстат і систему керування на другому рівні, здійснює вплив на процес оброблення. Інтенсивність збурень не залежить від роботи системи керування і не може бути в ході керування змінена.

Такими збуреннями є змінні припуск і твердість матеріалу, зміни в температурі оточуючого середовища тощо. Компенсуючи збурення, що вносяться в процес оброблення, можна підвищити точність деталі, а для цього збурення потрібно вимірювати. Вимірювання проводяться на першому ієрархічному рівні, а використовується ця інформація на третьому або четвертому рівнях, тобто там, де розміщені блоки, які коригують програму за результатами вимірювань.

Колівання припуску і твердості часто оцінюється за коливаннями складових сили різання або за коливаннями крутного моменту на шпинделі. Таким чином, давачі сили різання або давачі моменту в різних структурних варіантах керування можуть входити або в контур інформаційного потоку стану системи ТС (якщо сила різання або момент керовані), або в контур інформаційного потоку вимірних збурень (якщо сила різання або крутний момент керуванню зі сторони даного контуру не піддаються).

Для процесу оброблення на верстаті характерний неповний детермінізм, який проявляється в тому, що наперед відомо, за яких параметрів процесу різання, параметрів статичного і динамічного настроювання ТС процес оброблення стане оптимальним. Між тим, задача оптимізації може бути поставлена. В цьому випадку виникає необхідність в інформаційному потоці оптимізації, який призначений для оптимального коригування керуючої програми за одним з трьох критеріїв ефективності: за критерієм максимальної продуктивності, за критерієм максимальної точності, за критерієм найвищої досконалості всієї сукупності операцій, який виконуються механізмами верстата для отримання придатних деталей, виключаючи власне процес різання.

УДК 621.926.5:539.215:531.36

К. Ю. Дейнека, канд. техн. наук

Технічний коледж Національного університету водного господарства та природокористування, Україна

### АМПЛІТУДА АВТОКОЛИВАНЬ ЗЕРНИСТОГО ВНУТРІШНЬОКАМЕРНОГО ЗАПОВНЕННЯ МАШИНИ БАРАБАННОГО ТИПУ

К. Yu. Deineka, Ph.D.

#### THE DRUM TYPE MACHINE INTRACHAMBER GRANULAR FILL SELF-OSCILLATION AMPLITUDE

Новим технологічним напрямом суттєвого підвищення порівняно низької енергетичної ефективності машин барабанного типу є активізація циркуляції завантаження шляхом створення коливних рухів у камері. Доволі перспективним видається використання ефекту самозбудження автоколивань завантаження [1,2].

Метою дослідження було встановлення закономірностей зміни амплітуди автоколивань завантаження камери обертового барабана.

Як метод досліджень було застосовано візуальний аналіз отриманих за допомогою відеозйомки, із наступним виділенням окремих картин, перехідного режиму автоколивного руху завантаження у поперечному перерізі стаціонарно обертової навколо горизонтальної осі циліндричної камери з прозорою торцевою стінкою (рис. 1).

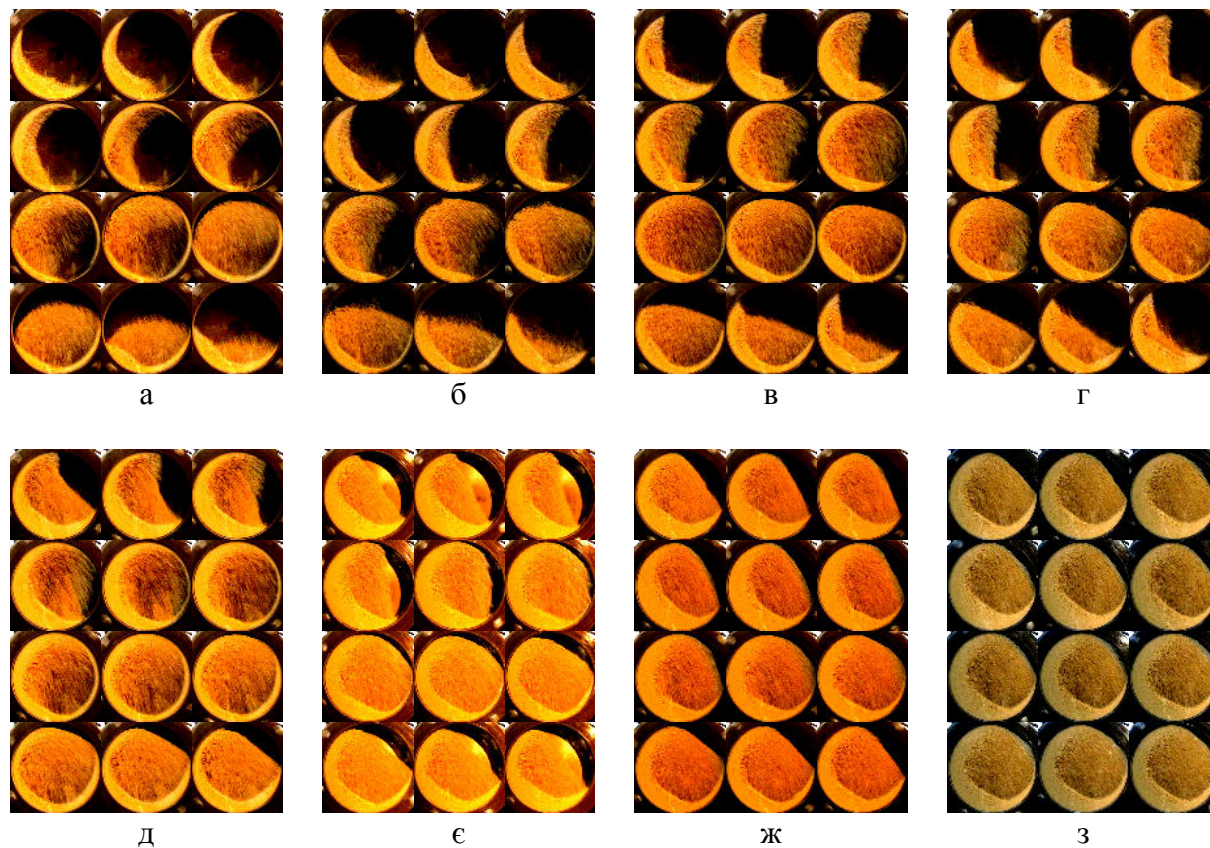


Рисунок 1. Послідовні картини руху зернистого завантаження із відносним розміром елемента 0,0104 для декількох ступенів заповнення обертової камери  $\kappa$  протягом одного періоду автоколивань: а –  $\kappa=0,15$ ;

б –  $\kappa=0,2$ ; в –  $\kappa=0,25$ ; г –  $\kappa=0,3$ ; д –  $\kappa=0,35$ ; е –  $\kappa=0,4$ ; ж –  $\kappa=0,45$ ; з –  $\kappa=0,5$

Ефект самозбудження автоколивань проявлявся у вигляді виникнення пульсацій завантаження у поперечному перерізі обертової камери, що ускладнювали стаціонування швидкості її обертання. Під час такого пульсаційного руху значна частка завантаження у верхній частині камери відокремлювалась від поверхні і здійснювала падіння зі взаємодією елементів між собою. Це спричинювало істотне зменшення частки пасивної малорухливої зони у поперечному перерізі камери та значну інтенсифікацію циркуляції завантаження.

Для чисельного оцінювання характеристик пульсацій було використано дилатансію  $\nu$  зернистого завантаження у поперечному перерізі обертової камері. Розглядалась зсувна додатна дилатансія при збільшенні об'єму зернистого матеріалу внаслідок переміщення частинок у напрямку, що є нормальний до напрямку зсування. Величина приросту дилатансії  $\Delta\nu$  для певної картини руху завантаження, що визначалась за допомогою методу візуалізації, обчислювалась за виразом

$$\Delta\nu = \frac{S_{зк}}{\pi \cdot R_k^2 \cdot \kappa} - 1,$$

де  $S_{зк}$  – площа поперечного перерізу розпорошеного завантаження на картині руху,  $R_k$  – радіус камери на картині.

Амплітуда автоколивань оцінювалась за розмахом  $R_\nu$  коливань дилатансії завантаження обертової камери

$$R_\nu = \frac{\Delta\nu_{max} + 1}{\Delta\nu_{min} + 1} - 1,$$

де  $\Delta\nu_{max}$  та  $\Delta\nu_{min}$  – максимальне та мінімальне значення приросту дилатансії завантаження протягом одного періоду пульсацій.

На рис. 2 зображено отриманий графік залежностей приросту дилатансії протягом одного періоду пульсацій від зміни  $\kappa$ , що засвідчує інтенсивне зростання  $\Delta\nu_{max}$  та деяке спадання  $\Delta\nu_{min}$  зі зменшенням ступеня заповнення камери.

На рис. 3 наведено одержаний графік залежності розмаху коливань дилатансії від зміни  $\kappa$ , яка встановлює суттєве підвищення  $R_\nu$  зі зменшенням  $\kappa$ .

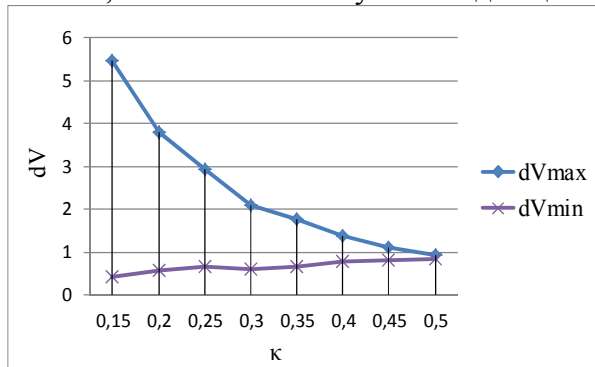


Рисунок 2. Залежності  $\Delta\nu_{max}$  та  $\Delta\nu_{min}$  від  $\kappa$

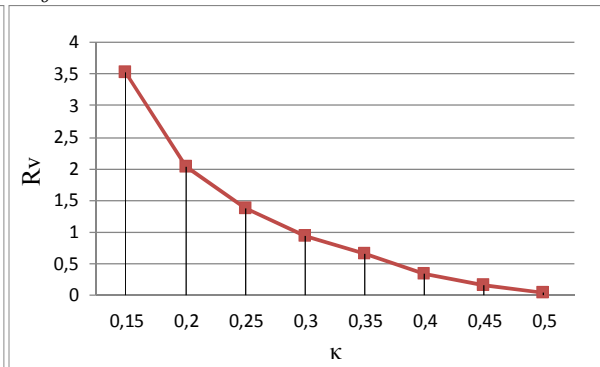


Рисунок 3. Залежність  $R_\nu$  від  $\kappa$

Отримані результати засвідчують інтенсивне зростання амплітуди автоколивань завантаження зі зменшенням ступеня заповнення камери.

### Література

1. Науменко Ю. В. Теоретичні основи робочих процесів машин барабанного типу: Монографія / Ю. В. Науменко, К. Ю. Дейнека. – Рівне: НУВГП, 2014. – 531 с.
2. Сівко В. Й. Теорія обертових машин: Підручник / В. Й. Сівко, Ю. В. Науменко, М. П. Кузьмінець, К. Ю. Дейнека // К., Рівне: НУВГП, 2015. – 527 с.

**УДК 621.539.4**

**Т.М. Демків, Р.А. Склярів канд. техн. наук, доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **АНАЛІЗ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКІВ КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ МЕТАЛОРИЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ**

**T.M. Demkiv, R.A. Sklyarov Ph.D., Assoc. Prof.**

### **METHODS FOR CALCULATION A PRISMATIC PART OF MACHINE TOOLS ANLISES**

Корпусні деталі є частиною несучої системи верстата. Вони забезпечують задане взаємне розташування окремих вузлів верстата. Якість несучої системи характеризується відносними зсувами її елементів, приведеними до зони різання, які виникають при дії на верстат збурень різної природи.

Конструкції окремих елементів несучих систем залежать від функціонального призначення цих елементів, компоновання верстата, його технічних характеристик.

При конструюванні корпусних деталей металорізальних верстатів в основному керуються критеріями жорсткості. Це пов'язане з тим, що дослідження жорсткості верстатів стали проводити раніше, чим дослідження й розрахунки інших показників якості (вібростійкості, теплових деформацій). При виборі розмірів і матеріалів корпусних деталей за умовами жорсткості умови міцності, як правило, забезпечуються автоматично.

Більшість корпусів шпindelних бабок, коробок швидкостей, коробок подач, фартухів і т. ін. мають форму паралелепіпеда, значно рідше застосовуються корпуси циліндричної форми (шпindelні блоки багатощпindelних токарних автоматів).

В процесі експлуатації металорізальних верстатів виникають різноманітні типи навантажень (статичні, динамічні, теплові) та кінематичні збурення. Для всіх них існують методики розрахунку.

Статичні силові навантаження, що діють на несучу систему, можна вважати відомими.

Динамічні навантаження умовно ділять на дві групи: навантаження, параметри яких можуть бути обчислені в залежності від параметрів верстату, деталі й режимів обробки (навантаження від сил інерції у верстатах з зворотно-рухомими частинами, від обертання неврівноважених деталей і інструменту і т. ін.); навантаження, параметри яких обчислити практично неможливо (навантаження від ударів у зазорах елементів приводу, при врізанні і виході зуб'їв інструмента й т. ін.).

Теплові навантаження, які залежать від багатьох невизначених факторів (тертя в рухомих з'єднаннях, умов теплопередачі й ін.).

Кінематичні збурення, які можуть характеризуватися лише деякими усередненими параметрами, наприклад похибка виготовлення окремих елементів верстата (відхилення форми напрямних).

На сьогоднішній день при розрахунку деформацій корпусних деталей металорізальних верстатів застосовують аналітичні методи й метод кінцевих елементів.

При використанні аналітичних методів конструкція, що розраховується, представляється у вигляді сукупності балок або пластин. При введенні певних допущень, для кожного із цих елементів можливо одержати розв'язок аналітичними методами. Для уточнення аналітичного розв'язку в розрахункову схему вводяться коефіцієнти, одержувані емпіричним шляхом. Дані коефіцієнти використовуються, на-



приклад, для визначення величин згинних напруг, зсуву та крутильних жорсткостей балок, що входять до складу розрахункової схеми.

Перевагою аналітичних методів є їх відносна простота, а також те, що використовувані аналітичні формули наочно показують вплив того або іншого параметра конструкції, що розраховується на її зміщення, наявність можливості швидко порівняти різні варіанти конструкції.

Але при цьому аналітичні методи мають значні недоліки – при їх використанні не можна врахувати реальну геометричну форму корпусних деталей, місцеві деформації окремих конструктивних елементів. Аналітичні рішення для деталей складної форми мають значну похибку і вимагають корекції за допомогою емпіричних коефіцієнтів, які, в свою чергу, можуть застосовуватись тільки для обмеженого набору конструкцій, аналогічних тим, для яких є експериментальні дані.

При використанні методу кінцевих елементів конструкція, що розраховується, представляється у вигляді сукупності простих геометричних об'єктів – кінцевих елементів, для кожного з яких заздалегідь визначено певний вид функціональної залежності розподілу переміщень у цьому елементі від переміщень у його вузлах. Вузли забезпечують з'єднання елементів між собою, їх переміщення визначають напружено-деформований стан конструкції.

Для кожного кінцевого елемента виходячи з його форми, властивостей матеріалу, товщини можна задати залежність між зсувами й силами у вузлах.

Для кінцево-елементних розрахунків корпусних деталей металорізальних верстатів в основному використовуються два типи кінцево-елементних моделей: із пластинчастих елементів; зі стержневих елементів і жорстких тіл.

Кінцево-елементні моделі із пластинчастих елементів застосовують для статичних розрахунків корпусних деталей складної форми з урахуванням впливу окремих конструктивних елементів – стінок, ребер жорсткості й. т. ін. Дані моделі застосовуються для порівняння різних конфігурацій корпусних деталей та вибору найбільш раціональної.

Кінцево-елементні моделі зі стержневих елементів і жорстких тіл застосовують для як при статичних, так і при динамічних навантаженнях. При цьому з'єднання окремих елементів між собою моделюються пружинами. Ці моделі використовуються для раціонального розподілу мас і жорсткостей між елементами несучої системи, а також для порівняння різних компоновань несучої системи.

На основі методу кінцевих елементів працює більшість сучасних універсальних програмних пакетів – ANSYS, Cosmos Works, NASTRAN, APM і ін.

При виконанні магістерської роботи здійснено моделювання напружено-деформованого стану коробки швидкостей токарного верстату з використанням пакетів «Компас 3-D» та APM.

### **Література**

1. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем: Справочник-учебник: В 3-х т. / Под общ. ред. А.С. Проникова. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1994. – Т. 1 – 444 с., Т. 2, Ч. 1 – 371 с.
2. Каминская В.В., Левина З.М., Решетов Д.Н. Станины и корпусные детали станков. – М.: Машгиз, 1960. – 363 с.
3. Молчанов И.Н., Николенко Л.Д. Основы метода конечных элементов. – Киев: Наукова думка, 1989. – 269 с.
4. Кириллов Ю.В., Еремин Н.В. Исследование несущей системы станка методом конечных элементов//СТИН. – 2002. – №8. – С.19–21.

**УДК 621.895**

**М.С. Джуган**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ВПЛИВ КИСНЕВМІСНИХ ДОБАВОК НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗМАЩУВАЛЬНО-ОХОЛОДЖУВАЛЬНИХ РІДИН**

**M.S. Dzhuhan**

### **INFLUENCE OF OXYGENEOUS MAKEWEIGHT ON THE EFFICIENCY OF LUBRICATING FLUID**

Складність процесу залежить від підбору структури охолоджуючої рідини і пов'язаних з цим явищ, методу попадання рідини в зону обробки, глибокого теоретичного та експериментального вивчення фізичної суті явищ, що відбувається при обробленні матеріалів.

Досліди показують, що деяке підвищення вмісту кисню в охолоджуючому струмені повітря сприяє зниженню зношення різців. Проте цей шлях виявився для практичних цілей неприйнятним. По-перше, чистий кисень відносно дорогий, По-друге, він створює в зоні різання надлишок окислювальної активності середовища, і це приводить до швидкого корозійного руйнування інструменту, переважно на граничних ділянках контакту, де температура велика, а контакт з агресивним середовищем безпосередній. Вживання газового змащувального матеріалу має ще один недолік: слабка охолоджуюча дія на зону різання.

Найпростішим та практично прийнятним способом підвищення вмісту кисню в зоні різання є аерація водних змащувально-охолоджувальних рідин (ЗОР), яка звичайно, проводиться шляхом продування (барботажу) рідини стислим повітрям. Цей процес може проводитися при приготуванні ЗОР і безпосередньо в системі охолодження метало ріжучого устаткування, безперервно або періодично. На практиці обробка барботажем піддають тільки водо змішувані рідини (розчини і емульсії), оскільки розчинність кисню у вуглеводнях мала.

Зручніше всього барботаж ЗОР атмосферним повітрям проводити в баках верстата, здійснивши підведення до неї стислого повітря від цехової магістралі. Продування рідини можна вести регулярно перед початком роботи устаткування, після перерв в роботі на вихідні дні або при появі неприємного запаху від ЗОР, щоб подавити діяльність анаеробних мікроорганізмів.

Лабораторні та виробничі випробування аерації ЗОР показали, що обробка рідини стислим повітрям підвищує стійкість інструменту з швидкорізальної сталі приблизно в 2 рази при точінні сталі 45 в діапазоні швидкостей різання ,6-0,8 м/с. Із збільшенням швидкості різання вплив аерації зникає. Приблизно аналогічні по рівню ефективності результати були отримані на операції свердління. Так, при свердлінні корозійно-стійкої сталі ( $d=10\div 12$  мм;  $S=0,17$  мм;  $v=0,3$  в/с) стійкість свердл із сталі Р18 підвищувалася в 1,5–2 рази в порівнянні з неаерованою емульсією. Про те, що саме аерація ЗОР приводить до зниження зносу, говорять результати дослідів по свердлінню сталі 45 швидкорізальними свердлами ( $d=5,5$  мм;  $v=3,8$  м/с;  $S=0,11$  мм/об) у воді з різним вмістом розчиненого газу (кисню і аргону).

#### **Література**

1. Смазочно-охлаждающие технологические средства для обработки металлов резанием: справочник / Под ред. С.Г. Энтелеса, Э.М. Берлинера. – М.: Машиностроение, 1986. – 352 с.

**УДК 691.137.2**

**А.М.Б. Дзюбак, Л.Г. Бодрова канд. техн. наук, доц.**

Тернопільського національного технічного університету ім. І.Пулюя Україна

## **НОВІ ВИДИ СУЧАСНИХ БЕТОНІВ**

**A.M.B.Dzyubak, L.H. Bodrova Ph.D, Assoc. Prof.**

### **NEW TYPES OF MODERN CONCRETES**

Сфери застосування бетону в сучасному будівництві постійно розширюються. До бетону домішують додаткові інгредієнти, що сприяє збільшенню якісних характеристик бетону, технічних параметрів, структури. Одним із нових різновидів бетону є прозорий бетон. Зовсім недавно, на початку XXI століття вчені винайшли революційно новий будівельний матеріал. Поєднуючи в собі міцність бетону і прозорість скла, він отримав назву – Люсем (Люцем).

Прозорий бетон є унікальним будівельним матеріалом, який винайшов угорський архітектор А. Лошонци.

Особливості літракона полягають у його екологічності, показники якої проходять відповідну перевірку і мають сертифікати. До недоліків матеріалу відноситься відсутність можливості отримання світлопровідних суміші безпосередньо в опалубці на будівельному майданчику. Процес виготовлення полягає в пошаровій укладці компонентів розчину, після застигання яких, покладену поверхню обробляють додатковим складом, що дозволить отримати потрібні світлопровідні властивості.

Пропускання світла забезпечується за рахунок скловолокна, що входить до складу літракону. Воно дозволяє пропускати світлові промені на відстань близько 200 сантиметрів. Скловолокно не піддається дії вогню і володіє стійкістю до різких перепадів температур та ультрафіолетового випромінювання.

Прозорий бетон можна виготовити власноруч, проте слід уважно поставитися до цього процесу. Складність полягає в технології приготування літракона, а саме, в пропорціях необхідних компонентів. Щоб вийшла світлопровідна структура, слід взяти чотири відсотки скловолокна від всієї маси розчину. Також слід дотримуватися напрямку укладання ниток, які повинні лежати строго в одну сторону. Для власноручного створення літракона слід підготувати наступні матеріали: очищену воду; просушену цементну суміш з дрібними зернами заповнювача; скловолокно довжиною, що відповідає товщині плити.

Літрикон являє собою унікальний сучасний будівельний матеріал, що володіє не тільки привабливим зовнішнім виглядом, але і високими якісними характеристиками. Його міцність, надійність і довголіття нічим не поступаються звичайному бетонного розчину. Що стосується щільності, то вона варіюється від 2100 до 2400 кг/м<sup>3</sup>. Цей показник перевершує пінно- і газобетонні аналоги, але з важкими бетонами щодо щільності літракону конкурувати не може. Зате прозорий бетон демонструє непогану водонепроникність і морозостійкість.

Головне перевага цього матеріалу полягає в поєднанні, здавалося б, непеєднуваних експлуатаційних якостей. Це декоративний ефект і силовий потенціал, відповідний за своїми показниками легких бетонів. Що стосується мінусів, то недоліком цього матеріалу є висока ціна. Саме додавання в прозорий бетон скловолокнистих ниток підвищує вартість виготовлення розчину.

#### **Література**

1. <http://rivne1.tv/Info/?id=59896>

УДК 539.3

О.В. Дивдик

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)

## МОДЕЛЮВАННЯ ВИГИНУ СПЛАВІВ ІЗ ПАМ'ЯТТЮ ФОРМИ

O.V. Dyvdyk

### SIMULATION BENDING SHAPE MEMORY ALLOYS

Надпружна поведінка сплавів з пам'яттю форми супроводжується прямими і зворотними. Матеріал навантажений до напруження, що значно перевищує границю текучості, повністю відновлює початкову форму після зняття навантаження. Надпружна поведінка спостерігається в області температур між початком фазових перетворень та кінцем зворотних фазових перетворень.

Моделювання виконано методом скінченних елементів за допомогою прикладного програмного пакету Ansys Workbench. Моделювали деформування консольної закріпленої пластини під дією прикладеної сили з геометричними розмірами пластини: довжина - 12 мм, ширина - 3 мм, товщина - 1 мм. Задані механічні властивості для сплаву з пам'яттю форми [1]. Напруження для фазових перетворень представлено в табл. 1 [2]. Змодельована пластина закріплена жорстко в точці (А) з прикладеним навантаженням в точці (В) (рис. 1). Модель розбита скінченими елементом Solid 185 (розмір одного елемента 0,5 мм). Загальна кількість елементів - 288, вузлів 1829. Весь етап моделювання задавався у 2 кроки з розбивкою від 10 до 30 підкроків: навантаження до  $P = 51$  Н; розвантаження до 0 (рис. 2) [3].

Таблиця 1 Властивості матеріалу

SAS (початок фазового перетворення)	520 МПа
FAS (кінець фазового перетворення)	600 МПа
SSA (початок зворотнього перетворення)	300 МПа
FSA (кінець зворотнього перетворення)	200 МПа
$\epsilon_L$	0,07
A	0
Модуль юнга (пружності)	60000 МПа
Коефіцієнт Пуассона	0,33

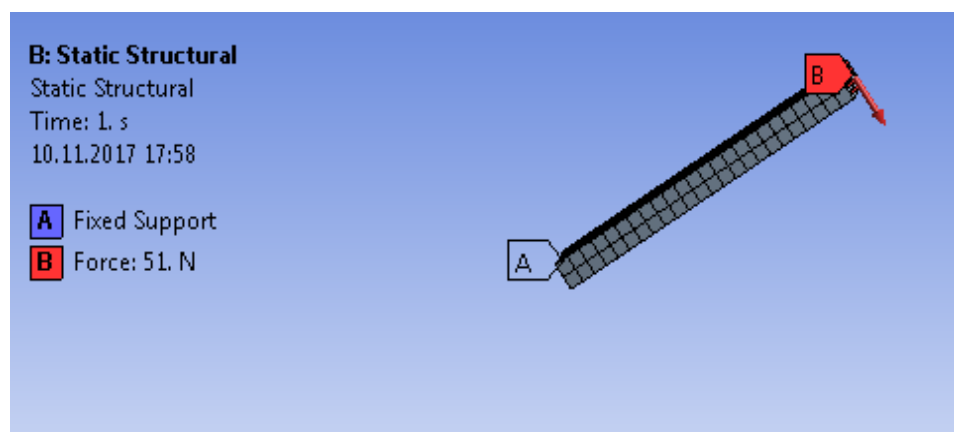


Рисунок 1 Дискретизована модель зразка: закріплення (А) і прикладена сила (В)

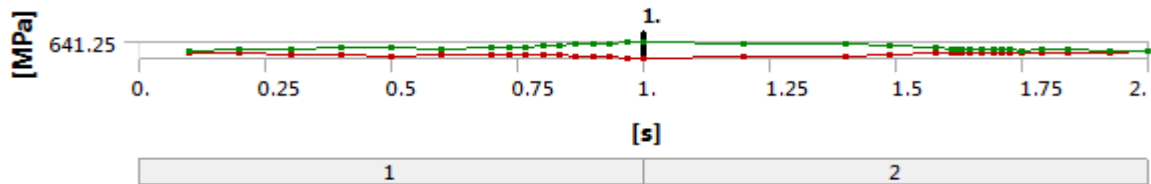


Рисунок 2 Схема завантаження: кроки з підкроками  
Розподіл напружень при  $P = 51 \text{ МПа}$  і  $P = 0 \text{ МПа}$  представлено на рис. 3 і 4.

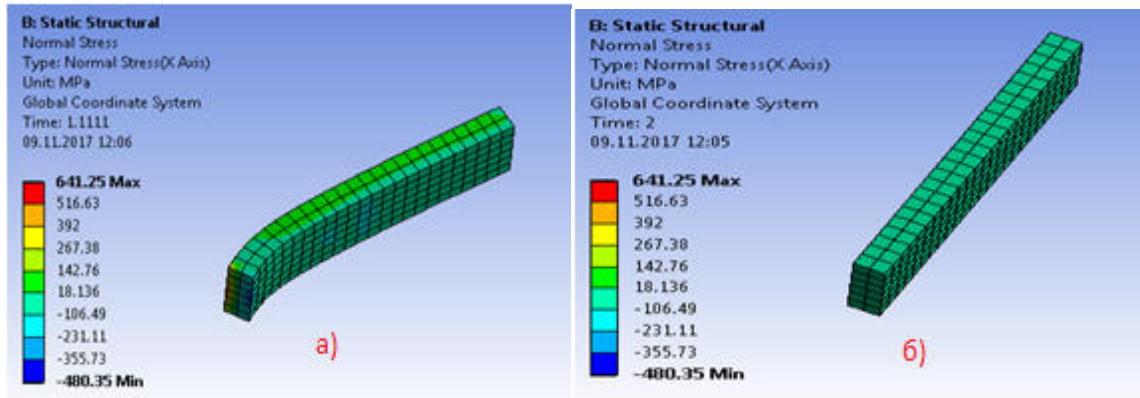


Рисунок 2 Нормальні напруження: а)  $P = 51 \text{ Н}$  б)  $P = 0 \text{ Н}$

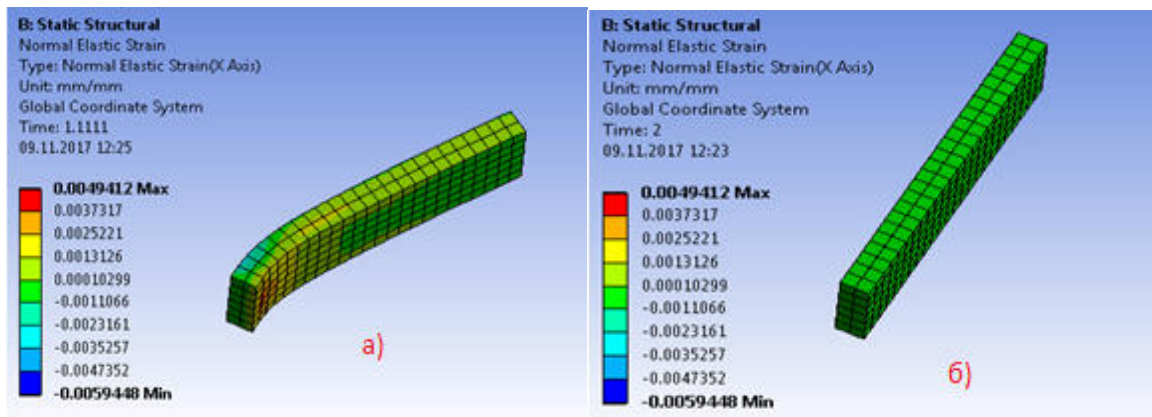


Рисунок 3 Деформації в зразку: а)  $P = 51 \text{ Н}$  б)  $P = 0 \text{ Н}$

В результаті після прикладання навантаження (1 крок) і далі розвантаження (2 крок) пластина повністю повертає свою початкову форму. Напруження в пластині досягають 641 МПа, таким чином за час навантаження починаються фазові перетворення аустеніту в мартенсит і при розвантаженні зворотні фазові перетворення мартенситу в аустеніт (табл. 1).

### Література

1. <http://jmmedical.com/resources/221/Nitinol-Technical-Properties.html>
2. Inc. (2009). Ansys 12.1 Help. Canonsburg, Pennsylvania.
3. Бруяка В.А. Инженерный анализ в Ansys Workbench: Учеб. пособ. / В.А. Бруяка, В.Г. Фокин, Е. А. Солдусова, Н.А. Глазунова, И.Е. Адеянов. – Самар. гос. тех. ун-т, 2010. – 271 с.

**УДК 534.16:611.314**

**<sup>1</sup>Я.П. Драган докт. фіз.-мат. наук, проф., <sup>2</sup>В. В. Никитюк**

<sup>1</sup>Національний університет "Львівська політехніка", Україна.

<sup>2</sup>Тернопільський національний технічний університет, Україна.

**МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЕЛЕКТРИЧНОГО ЗОНД-СИГНАЛУ ДЛЯ  
ВИЗНАЧЕННЯ СТАНУ РЕСТАВРАЦІЙНОГО СТОМАТОЛОГІЧНОГО  
ПРОЦЕСУ ЯК ЕНЕРГОАКТИВНОГО ОБ'ЄКТА**

**Y. P. Dragan Dr. Prof., V. V. Nykytyuk**

**MATHEMATICAL MODEL OF ELECTRIC ZOND-SIGNAL FOR  
DETERMINATION OF THE STATE OF THE RESISTANT DENTAL PROCESS AS  
A ENERGY ACTIVE OBJECT**

Поряд із діагностичною, терапевтичною, реконструктивною особливо поширеною сьогодні є реставраційна стоматологія, що полягає зокрема у відновленні твердих тканин зуба фото полімерними матеріалами (надалі стоматологічний матеріал). Основною причиною цього є карієс, поширеність якого у населення в різних регіонах України досягає 98 %. Для усунення каріозних дефектів зубів сьогодні широко використовуються стоматологічні матеріали, полімеризація яких здійснюється під дією опромінювання з довжиною хвилі 380-500 нм. Домінуючою експлуатаційною характеристикою таких матеріалів є міцність та полімеризація, оскільки саме від цих показників залежить експлуатаційна надійність, довговічність матеріалу тощо [1,2].

Для отримання якісного кінцевого продукту (пломби) важливим є забезпечення оптимального часу експозиції опромінювання стоматологічного матеріалу, оскільки зменшення цього часу призводить до погіршення якості пломби а його збільшення - до негативного впливу на поверхні внутрішніх порожнин рота, функціонування слинних залоз тощо. Тому актуальним технічним завданням є забезпечення в опромінювачах можливості автоматизованого контролю часу експозиції стоматологічних матеріалів для досягнення їх оптимальних експлуатаційних параметрів.

На сьогодні не існує систем, які б давали змогу контролювати час експозиції стоматологічного матеріалу. Оцінювання міцності матеріалів у стоматології проводиться методами, що визначаються стандартами ГОСТ Р51202-98 та ISO 4049 Однак, такі методи є руйнівними і після їх застосування наступне використання стоматологічного матеріалу неможливе. Також такі методи не дають можливості проведення експрес-оцінювання міцності матеріалів безпосередньо в процесі формування пломби [3]. Тому актуальною є задача пошуку неруйнівних методів визначення міцності стоматологічного матеріалу.

Одним з таких неруйнівних методів може бути метод, який ґрунтується на відборі електричного зонд-сигналу, що є результатом перетворення відбитого від поверхневого шару стоматологічного матеріалу опромінюючого сигналу (зазвичай це ультрафіолетове випромінювання) в зміну напруги фотоелектричного перетворювача (фотодіода) та наступному опрацюванні такого сигналу засобами комп'ютерної техніки [3]. При цьому, пломбуєчий матеріал розглядається як енергоактивний об'єкт, який поглинає енергію опромінюючого сигналу для забезпечення процесу полімеризації. Відповідно, за змінами енергетичних характеристик електричного зонд-сигналу можна оцінити зміну поглинутої енергії в процесі полімеризації пломбуєчого матеріалу та оцінити протікання цього процесу в часі для визначення оптимального часу опромінення пломбуєчого матеріалу. Однак відомо, що методи опрацювання визначаються математич-

ною моделлю, яка повинна бути адекватною задачі дослідження, фізичній природі таких сигналів та містити у своїй структурі інформативну ознаку зміни процесу полімеризації стоматологічного матеріалу.

Важливим суттєвим моментом технології виготовлення одноштучного (разового) виробу є його еволюційний розвій у часі та фінітність – початок і кінець. Це спричиняє потребу забезпечити спеціальними заходами однорідність статистичного матеріалу та достатність (репрезентативність) вибірки. Зокрема, це важливо для визначення стану технологічного стоматологічного процесу як специфічного енергоактивного об'єкта [4]. Якщо взяти до уваги описані вище властивості, що притаманні енергоактивному об'єктові, в ролі якого виступає разовий стоматологічний виріб, то суть методу буде такою: стоматологічний матеріал наносять на проблемну ділянку зуба та опромінюють УФ-випромінюванням, джерелом якого є спеціальні фотополімеризатори; частина енергії опромінювання поглинається в процесі полімеризації стоматологічного матеріалу (для підтримання процесу полімеризації), а частина відбивається як від поверхні нанесеного стоматологічного матеріалу, так і від поверхні полімеризованого шару матеріалу. Так відбувається згаданий вище “поділ енергії” – на ту, що спрямовується на підтримання процесу полімеризації (частина енергії, яка поглинається стоматологічним матеріалом), і ту, що витрачається на створення сигналу про стан системи і перенесення даних про нього (частина енергії, що відбивається від поверхні полімеризованого шару стоматологічного матеріалу).

Енергія здійснює відбір відомостей про стан за допомогою відбитих променів з урахуванням факту, що процес еволюційний. Тому використано переривчасту модернізацію відбору, яка має врахувати як швидкість зміни стану об'єкта, так і тривалість імпульсів відбитого УФ світла, щоб забезпечувалася достатня якість статистики для визначення характеристик відбитого сигналу – точність за незмінності стану процесу, подібно, як це відбувається під час вимірювання серцевого ритму – кількості ударів за хвилину, що її визначають підрахунком упродовж 15 секунд і множенням на 4. Таким компромісом розв'язуються задачі оптимізації [4].

Наведені аргументи вказують на актуальність задачі обґрунтування математичної моделі електричного зонд-сигналу та розроблення методу їх статистичного опрацювання для виявлення нових інформативних ознак в області реставраційної стоматології, які були б індикаторами процесу полімеризації стоматологічного матеріалу.

#### **Література**

В. В. Никитюк, Л. Є. Дедів, М. О. Хвостівський. Метод комп'ютерного оцінювання міцності стоматологічного матеріалу за фотоелектричним сигналом // Вісник Сумського державного університету. – Суми: Видавництво СумДУ, 2012, № 2. – С. 182-188.

Я. Драган, В. Никитюк, Л. Хвостівська. Математична модель фотоелектричного сигналу полімеризації стоматологічного матеріалу у вигляді імпульсного періодичного корельованого випадкового процесу // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. – № 771. – С. 146-149.

В. В. Никитюк, В. Г. Дозорський, Г. М. Шадріна. Обґрунтування структури системи відбору фотоелектричних сигналів для визначення ступеня полімеризації стоматологічного матеріалу // Вісник Хмельницького національного університету. – Хмельницький: Видавництво ХНУ, 2014. – № 2 (211). – С. 189-192.

Драган Я. П., Никитюк В. В., Паляниця Ю. Б. Енергетично-сигнальна концепція визначення стану технологічного стоматологічного процесу як енергоактивного об'єкта // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2015. – № 826. – С. 368-372.

**УДК 711.13:504.38**

**О.М. Дячок канд. арх., доц.**

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка,  
Україна

## **АРХИТЕКТУРА ЕНЕРГЕТИЧНО-САМОДОСТАТНІХ БУДІВЕЛЬ**

**O.M. Dyachok Ph.D., Assoc. Prof.**

### **ARCHITECTURE OF THE ENERGY-SELF-SUFFICIENT BUILDINGS**

Питання енергозбереження та енергоефективності з кожним роком стають все більш актуальними, перед енергетикою стоїть багато проблем і найбільш гостра - проблема її джерел. Значну долю енергоресурсів забирає будівництво. Тому, архітектура прямуватиме до енергетичної самодостатності.

Питаннями енергозбереження в будівництві займалися такі дослідники: Б.І. Басок, Т.Г. Беляєва, І.К. Божко, О.М. Недбайло, В.Г. Новіков, М.А. Хибина[3], Бабієв Г.М., Дероган Д.В., Щокін А.Р. [1,5]. Аналіз можливостей розвитку геотермальної енергетики України проводили Білодід В.Д., Павлюченко Т.В., Білодід Г.О. та інші [2].

Мета статті - дослідити принципи формування архітектури будівель з нульовим балансом та засоби використання відновлювальних джерел енергії у сучасній архітектурі.

Провівши дослідження, ми бачимо, що у зарубіжній практиці для досягнення нульового балансу використовують енергію вітру, сонячні панелі за допомогою фотоелектричних батарей великих розмірів і вітряків, а також тепло землі і геотермальні джерела. У перспективі – використання нанотехнологій. Важливою складовою енергоефективних будівель є повторне використання тепла, води, їх циркуляція.

Після визначення передумов формування енергетично-самодостатніх будівель, проведення аналізу вітчизняного та зарубіжного досвіду їх проектування, було досліджено, що перспективним джерелом тепла в Україні, є енергія сонця, геотермальна енергія, енергія вітру.

Дослідивши різні види альтернативних джерел енергії ставимо за мету знайти концепцію проектування будинку з нульовим балансом. Ідея полягає у тому, що кожна будівля повинна бути енергетично самодостатньою, тобто не споживати традиційні види енергії від централізованих мереж (газу, електричного струму, гарячої води), забезпечуючи при цьому високі стандарти комфорту та гігієни і створює мінімальне екологічне навантаження на зовнішнє середовище.

Біля 80% загального балансу енергозатрат житлового будинку на території України припадає на опалення приміщень, тому головний резерв економії полягає у міроприємствах по утепленню зовнішніх огорожуючих конструкцій, даху та перекриттів.

Комплексне схематичне вирішення цих задач для енергетично-самодостатніх будівель виглядає так:

- в максимально утепленому зі всіх сторін будинку повітря підігрівається теплою підлогою і системою примусової вентиляції з рекуператором;
- підігрів води для опалення і гарячого водопостачання здійснюється взаємодоповнюючими тепловими насосами і сонячними колекторами;
- для повної заміни електричного струму зовнішніх мереж на даху, огорожуючих конструкціях і на прилягаючій території встановлюються батареї сонячних фотоелементів і вітроелектрогенератори, які забезпечують живлення



побутової електротехніки та освітлення пониженого енергоспоживання; на вхід системи вентиляції зовнішнє повітря поступає підігрітим в підземних повітряних каналах; добові зміни температури конструкції будівлі зменшуються фундаментом підземним акумулятором-плитою; при вирішенні генплану враховується роза вітрів та орієнтація будівель для концентрації енергії вітру; архітектурно-планувальні рішення повинні бути направлені на зменшення площі огорожуючих конструкцій; архітектурно-конструктивні рішення балконів, терас, застосування вікон та вітражів, матеріали фасадів оптимізовані з точки зору енергозатрат.

Технічні рішення цих задач для будівель з нульовим балансом наступні: високоякісна теплоізоляція зовнішніх стін, перекриття, підлоги; потрійні, низькоемісійні віконні склопакети; герметичність будівлі; встановлення системи примусової вентиляції з рекуператором та попереднім підземним підігрівом вхідного повітря; встановлення теплових насосів з ґрунтовими теплообмінниками, сонячних колекторів, батарей фотоелементів, вітро-електрогенераторів; влаштування огорожуючих і спеціальних конструкцій з функцією акумуляції тепла; мінімалізація внутрішнього енерговикористання; оптимізація архітектурно-планувальних рішень для максимального використання сонячного світла.

Дане дослідження не є вичерпним, у ньому лише намічені шляхи, які дозволять у майбутньому більше використовувати відновлювальні джерела енергії, створити енергетично-самодостатні житлові групи, які можна буде назвати будівлями із нульовим балансом.

#### **Література**

1. Бабієв Г.М., Дероган Д.В., Щокін А.Р. Перспективи впровадження нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії в Україні. // Електричний Журнал, - Запоріжжя: ВАТ "Гамма", 1998 №1, - С.63-64.
2. Білодід В.Д., Павлюченко Т.В., Білодід Г.О. Аналіз можливостей розвитку геотермальної енергетики України. – Відновлювана енергетика // Науково-прикладний журнал. - №1, 2006, с.71-76.
3. Долінський А.А., Басок Б.І., Недбайло О.М. та ін. Концептуальні основи створення експериментального будинку типу «нуль енергії» // Зб. наук. пр. «Будівельні конструкції» — Київ, Вип.77 (2013). — С. 222—
4. Васько П.Ф. Сучасний стан, потенційні можливості та передумови подальшого розвитку малої гідроенергетики в Україні. – Відновлювана енергетика // Науково-прикладний журнал. - №1, 2006, с.60-65.
5. Дероган Д.В., Щокін А.Р. Перспективи використання енергії та палива в Україні з нетрадиційних та відновлюваних джерел.//Бюл. "Новітні технології в сфері нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії", Київ: АТ "Укренергозбереження", 1999.- №2, - С.30-38.
6. Енергетичні ресурси України / За ред. Руденка В.П. – К., 2004.
7. Енергетична стратегія України на період до 2030 року (Розпорядження Кабінету Міністрів України від 15 березня 2006 р. №145-р).
8. Н.М. Мхитарян. Энергетика нетрадиционных и возобновляемых источников. Опыт и перспективы. (1999), Наукова думка. ISBN 966-00-0655-1
9. Огурцов А.П., Мамаєв Л.М., Волошин М.Д. та ін. Сучасний стан навколишнього середовища промислового міста та шляхи його покращання. — Дніпродзержинськ: 1994. - 363 с.
10. Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition Preprint.
11. P. Torcellini, S. Pless, and M. Deru National Renewable Energy Laboratory.

УДК 681.5 (075.8)

М.М. Желізняк, М.В. Бурак

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ДО ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ЕЛЕКТРОННОГО ГОДИННИКА

М.М. Zhelizniak, M.V. Burak

### TO THE ELECTRONIC CLOCK PERFORMACE IMPRUVEMENT

Годинник Боба Бліка працює за принципом увімкнення світлодіодів на лінійці у певний момент часу, під час обертання цієї лінійки.

При реалізації конструкції годинника виявили небажаний ефект, який пов'язаний із неспівпадінням точки закріплення та центром ваги рухомої частини. Це призводить до виникнення радіального биття, яке зменшуватиме ресурс роботи двигуна а також спричинятиме шум під час роботи механізму.

Евристичний підхід до центрування плати рухомої частини виявився неефективним, оскільки радіальні биття усунути не вдалося. Тому для більш точної корекції центру ваги діючої плати було вирішено ввести додаткові балансові елементи. При визначенні їх мас та позицій розміщення виходили з умови, що координати центру ваги збалансованої плати, розбитої на дискретні елементи, як показано на рис.1, повинні співпасти із її геометричним центром (точкою закріплення). В даному випадку плату було розділено на 60 рівних секторів, розмірами  $5_{\text{мм}} \times 10_{\text{мм}}$ , як показано на рис.1. Значення ваги компонентів отримано з довідників або з Datasheet.

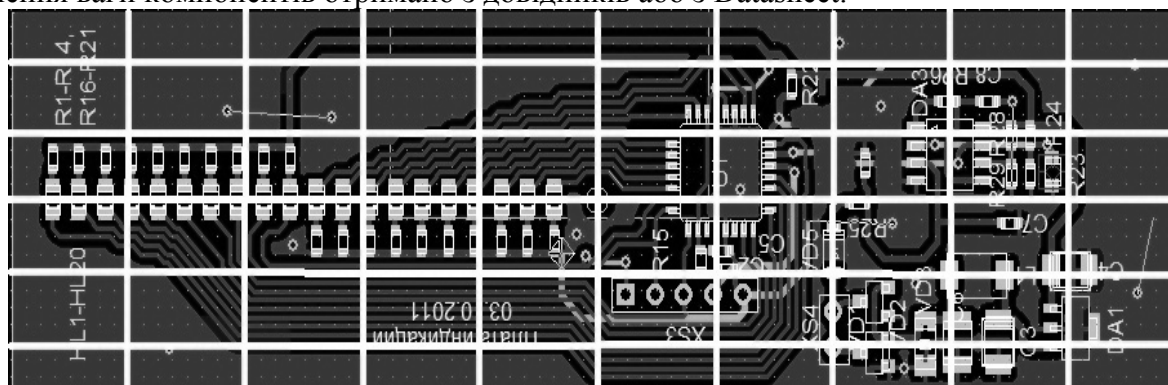


Рисунок 1. Дискретне представлення плати

Поставивши у відповідність кожному сектору на рис.1 значення його ваги, отримуємо оцифровану модель плати, в нашому випадку у вигляді матриці  $6 \times 10$  (значення подано у [Мг]):

[000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000;
000	000	000	000	000	300	300	100	300	000;	
300	300	300	300	300	500	500	100	300	200;	
100	100	100	100	100	200	200	200	100	200;	
000	000	000	000	000	000	000	300	300	200;	
000	000	000	000	000	000	000	300	300	000];	

Розроблене програмне забезпечення в середовищі MATLAB R2009b дозволяє вибрати оптимальний варіант розміщення додаткових балансових елементів, які дозволяють сумістити геометричний центр та центр ваги плати, зберігаючи при цьому її момент інерції в заданих межах і, таким чином, покращити динамічні характеристики механізму.

УДК 621.326

Т.П.Заблоцький, Д.Б.Боднар, М.В.Железняков, канд. фіз.-мат. наук, доц.  
І.М.Зелінський

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### ФОТОРЕЄСТРАЦІЯ ОПТИЧНИХ МАРОК РЕФЛЕКТОРА

T.P. Zablotsky, D.B. Bodnar, M.V. Zheleznyaykov, Ph.D., Assoc Prof., I.M. Zelinsky  
PHOTOREGISTRATION OF OPTICAL MARKS OF THE REFLECTOR

В промисловому виробництві, зокрема в антенобудуванні, існує необхідність проводити контроль поверхонь рефлекторів антен на відповідність до теоретичної поверхні. Застосування оптичних методів дозволяє дистанційно отримувати координати множини точок експериментальної поверхні та аналітично визначити її форму. Методика отримання координат поверхні полягає у створенні множини оптичних марок на поверхні, їх фотографуванні та математичній обробці результатів експерименту [1]. Технічною проблемою методики являється зернистість зображень марок в площині фотореєстрації, викликаною когерентністю лазерного випромінення. Зернистість зображень знижує точність визначення координат марок, а відповідно і форми самої поверхні. В доповіді аналізується спосіб фотографування марок, що дає можливість отримати зображення марок з однорідним (гаусовим) розподілом інтенсивності. Його суть в тому, що у фотографуванні марок приймає участь лише частина апертури фотооб'єктива, яка виділяє область з рівномірним розподілом світлового поля. Для цього використовується фільтруюча діафрагма, встановлена перед об'єктивом. Позитивні результати експерименту, наведені на рис.1 а,б) та рис.2 а,б), вказують на перспективність даного способу. Проте, можливість його застосування для точних вимірювань потребує подальшого вивчення.

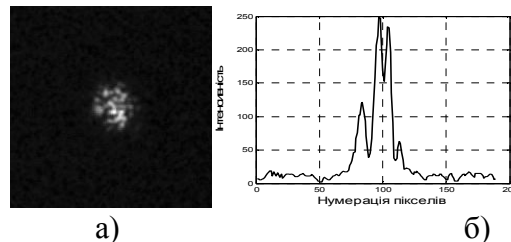


Рисунок 1 а,б). Фотографія оптичної марки без фільтруючої діафрагми – а); графік розподілу створюваної фотоматрицею сигналу в січненні, що проходить через середину зображення марки – б).

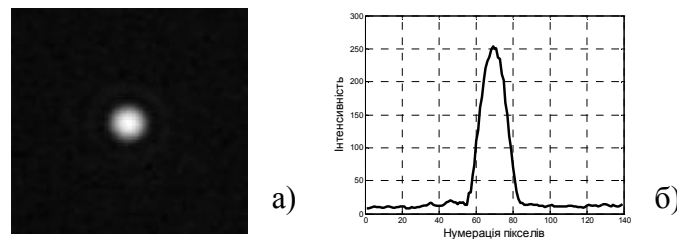


Рисунок 2 а,б). Фотографія зображення оптичної марки з використанням фільтруючої діафрагми – а); графік розподілу інтенсивності світла через центральне січення зображення.

#### Література

1. Зелінський І.М. Схема оптичної системи для дослідження форми дзеркала антени.//Вісник Тернопільського державного технічного університету.-2006.-Т.11, №2.-С126.

УДК 624

**В.Р. Карплюк, О.В. Макарчук канд. техн. наук, доц.**

Національний університет водного господарства та природокористування, Україна

### **ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ВІБРОСНАРЯДУ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ЩІЛИН В ҐРУНТІ**

**W.R. Karplyuk, O.V. Makarchuk Ph.D., Assoc. Prof.**

### **SUBSTANTIATION RATIONAL PARAMETERS OF A VIBRATION SHELL FOR CRACK FORMATION IN SOIL**

Будівництво споруд «стіна в ґрунті» являється однією з сучасних проблем в будівництві. Такі споруди використовуються для створення протифільтраційних завіс і екранів гідротехнічних споруд, шлюзів портових споруд, на глибину 20 і більше метрів з метою обмеження фільтрування або розмежування ґрунтових масивів.

В залежності від гідрогеологічних умов та глибини залягання зведення таких споруд сьогодні здійснюється відкритим і закритим способами з використанням декількох груп машин (екскаватори різного типу, розчино-змішувачі, вібратори, пале забивні машини).

Аналіз сучасних технологій і засобів зведення стіни в ґрунті показав, що перспективним є способи з використанням ножових вібрснарядів[1], які забезпечують будівництво мінімально допустимої стінки на будь яку проектну глибину, при суміщенні процесу формування і заповнення щілини в ґрунті без виносу мінерального ґрунту на денну поверхню.

Розробкою конструкції машини для зведення стін в ґрунті займається кафедра БДМСГМіО НУВГП рис.1.

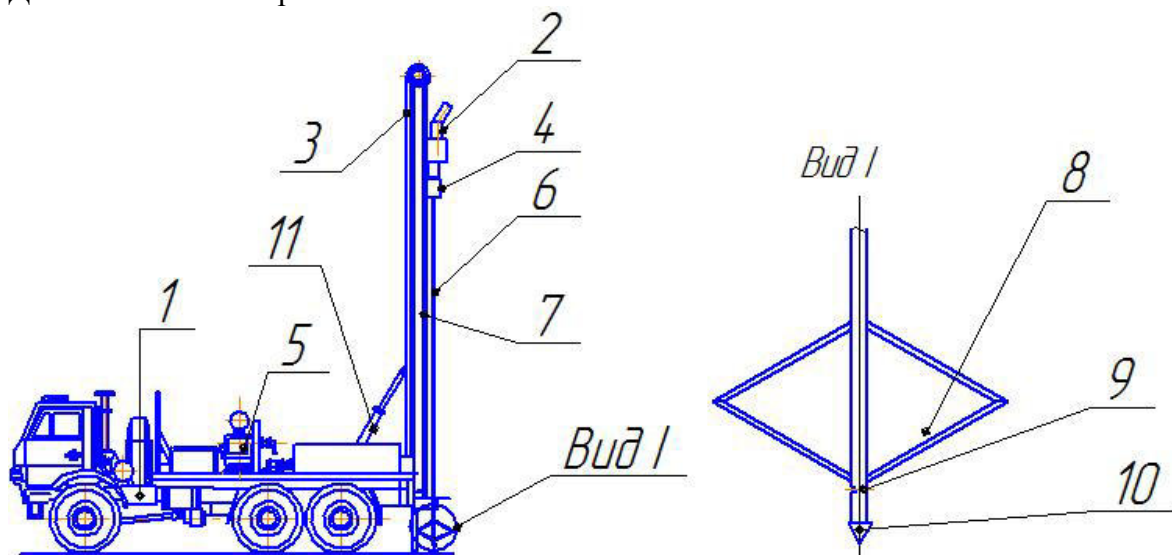


Рисунок 1 Установа з базовою машиною для спорудження стін в ґрунті

1.Базова машина УРБ 2А2; 2. Гідромотор; 3. Гідравлічно-поліспадна система; 4. Вібробуджувач; 5. Буровий насос; 6. Бурова штанга; 7. Бурова вишка; 8. Розрізний стіноформуєчий ніж; 9. Отвори; 10. Направляючий наконечник.

Широка реалізація такого снаряду у виробництво вимагає встановлення раціональних параметрів ножів, з метою мінімізації енерговитрат на формування щілини.

Дослідження виконані теоретично шляхом мінімізації сили занурення снаряду в ґрунт. В якості вихідних передумов які прийняті на основі досліджень Баладінського В.Л., Кравця С.В., Романовського О.Л. [2,3].

В результаті обрахунків отримані графічні залежності, що представленні на рис.2.

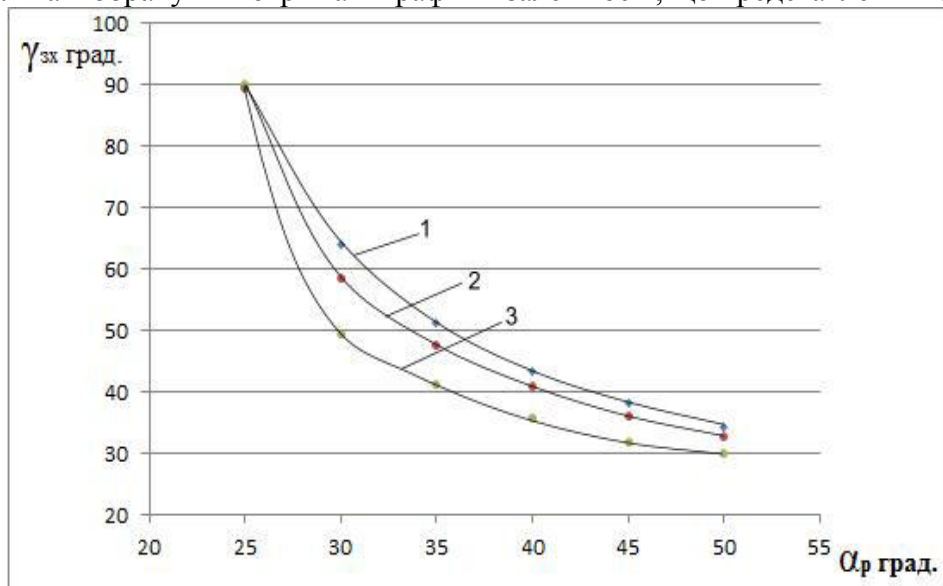


Рисунок 2. Залежність раціональних установчих кутів ножа для ґрунтів з коефіцієнтом тертя

- 1-φ=20°;
- 2-φ=30°;
- 3-φ=40°.

Оцінюючи отримані залежності можна зробити наступні висновки:

1. Раціональні кути установки ножів  $\gamma_{zx}$  суттєво залежать від кутів  $\alpha_p$ , меншою мірою від ґрунтових умов;
2. Обладнання виконане з раціональними установчими кутами ножів може суттєво вплинути на енергоефективність віброснаряду для спорудження стін в ґрунті.

### Література

1. Патент UA85186C2 мпк. E02D7/18, «Установка для спорудження стін у ґрунті/С.В. Кравець, О.Л. Романовський, В.В. Матко, Д.І. Процик/ Україна».- №200512210, 25.06.2007. Заявл. 19.12.2005; опубл. 12.01.2009. Бюл.№1, 2009р.
2. Кравець С. В. Ґрунтозахисні та енергозберігаючі машини для прокладки підземних комунікацій. (Основи теорії, проектування та створення) / С.В. Кравець.- Рівне :Вид-во РДТУ,1999.-278с. (Навч. посіб. Для студ. спец. "Підйомно - транспортні,будівельні,дорожні,меліоративні машини і обладнання").
3. Романовський О.Л. Аналітичні дослідження впливу кута захвату на тиск робочого середовища на робочу грань ножа/ Вісник РДТУ: випуск 1, частина 1. – Рівне, 1998. – 158 – 161 с.

**УДК 669.539**

**Ю.Б. Коваль, В.П. Олексюк канд. техн. наук, доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ПОШУК ОПТИМАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРИВОДУ ФРЕЗЕРНИХ КУЛЬТИВАТОРІВ**

**Yu.B. Koval, V.P. Oleksyuk Ph.D., Assoc. Prof.**

## **SEARCH OF OPTIMAL CONSTRUCTIONS OF THE DRIVE OF MILLING CULTIVATORS**

Особливістю просапних фрезерних культиваторів є необхідність передачі крутного моменту окремим секціям фрези, які працюють в міжряддях сільськогосподарських культур.

Найбільше розповсюдження отримали фрези із центральним ланцюговим (ФПУ-4,2, ФК-2,7) або шестеренним приводом (ФКШ-2,7, С-59). Клинопасовий привід з консольним розміщенням шківів застосовується рідко. Високі динамічні навантаження примушують застосовувати в передачах фрез важкі ланцюги з великим запасом міцності. Це призвело до збільшення ширини редуктора секції, в результаті чого значно збільшилась зона необроблюваного простору між правою і лівою частинами фрезерної секції. Питання забезпечення повного розпушування міжряддя просапних культур вирішується різноманітно. Найбільш простим способом вирішення є установка під кожною секцією пасивного розпушувача-гребенеріза, у вигляді сталюї полоси, яка зігнута в середній частині так, що вертикальна стійка в місцях кріплення поступово переходить в похиле положення і утворює тупий кут входження у ґрунт. Хоча на твердих ґрунтах гребенерізи подібних конструкцій не є ефективними. Відомими є конструктивні схеми приводу фрези, при яких робочі органи підрізають ґрунт під картером секції без застосування різних гребенерізів. Так, в деяких конструкціях культиваторів привід секції фрези здійснюється за допомогою вала, в середній частині якого (в проміжку між конічним редуктором і опорним підшипником) є колінчастий вигин. Поворот колінчастого вала на 180° дає можливість безперешкодного проходження зігнутого крила ножа то лівого, то правого диска. Недоліком такого пристосування є необхідність строго визначеного передаточного відношення редуктора фрези. Однак такий привід є конструктивно простим, забезпечує стабільну глибину розпушення ґрунту по всій полосі обробки і повне підрізання бур'янів. Дещо складніше це завдання вирішується при використанні фрезерних секцій з похилими дисками, що обладнанні Г-подібними ножами. Одним із варіантів приводу в даному випадку є черв'ячна передача в поєднанні із шарніром Гука. Тут крутний момент від джерела передається на черв'як і черв'ячне колесо, на осі котрого закріплено диск фрезерної секції. Розміщення валів під більшим кутом зменшує можливість передачі великих навантажень. Значною роботоzдатністю характеризується привід секції фрези ФПН-2,8А. В даній конструкції диски секції фрези розміщені не на нижньому валу, як в серійних просапних фрезах, а на підшипниках, які встановлені на ексцентрикових цапфах, через які проходять кінці нижнього валу секції. Фрезерні секції з похилими дисками задовольняють практично всім вимогам, хоча конструктивно вони є дещо складнішими. Однак є напрямки і засоби вдосконалення приводів, шляхом застосування таких прогресивних їх типів, як наприклад, гідромеханічні, електричні та ін.

**УДК 631.331.922**

**А.В. Бабій канд. техн. наук, доц., Т.А. Ковтун**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ДОЗАТОРА РОБОЧОЇ РІДИНИ ПРОТРУЮВАЧА НАСІННЯ**

**A.V. Babiy Ph.D., Assoc. Prof., T.A. Kovtun**

### **REASONING OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF WORK LIQUID PROPORTIONER OF SEEDS PROTECTOR**

Серед відомих агротехнічних прийомів захисту рослин, хімічний спосіб займає лідируючі позиції. Хімічний захист є одним з найнебезпечніших, оскільки використовуються хімічні препарати, вплив яких на рослину, майбутній урожай, ґрунт тощо до кінця не вивчені і гарантувати стовідсоткової безпеки ніхто не може. Нажаль, ми часто спостерігаємо, що під час рекламної компанії виробників хімічних засобів захисту рослин лунають гасла абсолютної безпечності препарату, але проходить декілька років і виявляється зовсім інше... Так, хімічний спосіб захисту рослин є дуже небезпечним, проте він є найефективнішим і простим у застосуванні. Звичайно, можна довго сперечатись про його доцільність, але відсутність альтернативи не дає нам вибору. Тому на даному етапі розвитку культури сільськогосподарського виробництва постає задача мінімізувати можливі негативні наслідки такої технологічної операції.

Якщо розглядати виробництво зернових колосових культур, то починаючи з протруювання насіння, ми застосовуємо хімічні препарати. Нехтування цим агротехнічним прийомом може призвести до втрати врожаю в межах 30%, навіть якщо було висіяне якісне насіння, дотримана агротехніка підготовки площі та подальший догляд за посівами. Незахищеність насіння, молодих паростків, а також рослин на початку зростання і розвитку від насіневої, ґрунтової і аерогенної інфекції в окремі роки може привести до повного зараження зерна, непридатного потім не тільки для продовольчих цілей, але і на фураж. Отже, протруювання насіння потрібне.

Поглянемо на цю проблему під іншим кутом. Частою причиною неякісного протруювання насіння є недотримання норми вилування робочого препарату на насіння, через що не можна гарантувати безпечності та ефективності від його дії. Тобто забезпечення вказаної норми вилування робочого препарату на об'єкт обробки є першочерговим завданням інженерів-конструкторів протруювачів насіння.

При модернізації машини ПНШ-3, що випускається ТДВ «Львівагромашпроект» було прийняте рішення замінити дозатор подачі робочої рідини черпакового типу на дозатор рівня. Базова конструкція дозатора була значно складніша, дорожча, вимагала додаткового приводу та дуже залежала від зміни його обертів. Така ситуація часто позначалася на недотриманні норми внесення робочого препарату, а від того і порушенні агрономів до протруювання насіння.

Дозатор рівня працює наступним чином. Рідина насосом подається в мірний бачок, який має знизу вивід до робочого сопла, а зверху вивід для підтримання сталого рівня в бачку із наступним зливом в бак. Доза робочої рідини регулюється зміною положення перепускового крана робочого каналу. Подача дорівнює нулю, коли система вказаною точкою знаходиться вище рівня рідини в бачку, тоді по мірі її опускання норма вилування збільшується. Обгрунтуємо висунуту ідею.

Для розрахунку розробленої системи необхідно визначити витрату робочої рідини з бачка рівня через робоче сопло.

Конструкція сопла, а саме його діаметр, обумовлений максимальною витратою рідини за одну хвилину, що мотивується технічними вимогами.

Підтвердимо це розрахунками.

При вільному витіканні рідини з отвору можна використати формулу [1,2]

$$Q = \mu S \sqrt{2gh}, \quad (1)$$

де  $\mu$  – коефіцієнт опору;  $S$  – площа отвору,  $\text{см}^2$ ;  $h$  – висота водяного стовпа,  $\text{см}$ ;  $g$  – прискорення вільного падіння,  $\text{см}/\text{с}^2$ .

З формули (1) визначимо площу поперечного перетину сопла

$$S = \frac{Q}{\mu \sqrt{2gh}}, \quad (2)$$

де  $h$  – висота водяного стовпа в бачкові рівня (в даному випадку максимальна),  $h = 9$   $\text{см}$ .

За отриманою площею знайдемо діаметр, тобто

$$d = \sqrt{\frac{4S}{\pi}}. \quad (3)$$

Підставивши числові значення та провівши розрахунок, остаточно приймаємо діаметр сопла 8 мм для забезпечення максимальної норми витрати робочої рідини за одну хвилину.

Тепер для зручного користування при експлуатації даного пристрою необхідно встановити градацію шкали норми вилуви робочої рідини. Визначення будемо вести за формулою (1) при збільшенні висоти водяного стовпа на 1  $\text{см}$  від мінімального значення норми до максимального. Отримані значення зведемо в таблицю та запишемо їх у л/хв. Тут слід зауважити, що отримані результати справедливі для чистої води, а густина робочої рідини приблизно на 20% є більшою, тому в процесі експлуатації потрібно провести коректування.

Таблиця – Витрата робочої рідини дозатором

Поділка шкали дозатора робочої рідини										
Витрата робочої рідини, $q_1$ , л/хв										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0,15	0,32	0,45	0,55	0,63	0,71	0,78	0,84	0,9	0,95

Підсумовуючи результати дослідження, робимо висновок, що першим кроком до мінімізації шкідливості хімічного захисту рослин є дотримання норми внесення робочого препарату. Тому, застосовуючи прості і надійні дозатори робочої рідини, дозволяють наблизити вирішення поставленої задачі.

### Література

1. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины [Текст] / Под ред. Г.Е. Листопада.– М.: Агропромиздат, 1986. – 688 с.
2. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин [Текст] / Е.С. Босой, О.В. Верняев, И.И. Смирнов, Е.Г. Султан-Шах. – М.: Машиностроение, 1980. – 565 с.



**УДК 681.7.062.43:681.785.4**

**А.Г. Козловський**

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

## **ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ СФЕРОЇДНИХ РЕФЛЕКТОРІВ ФОТОМЕТРІВ**

**A.G. Kozlovskiy**

### **TECHNOLOGY OF MANUFACTURING OF SFEROID REFLECTORS OF PHOTOMETERS**

Особливість виготовлення сфероїдних рефлекторів фотометру полягає в досить строгому відтворенню складної поверхні. Його широко застосовують в приладобудуванні для виготовлення обладнання, що вимірює фотометричні величини. Сфероїдний рефлектор є найголовнішою деталлю в оптичному фотометрі та в інших обладнаннях, що використовуються для проведення випробувань та дослідів, пов'язаних з вимірюванням потоку світла [1]. Тому технологія виготовлення сфероїдних рефлекторів є досить складною і відрізняється від інших оптичних деталей надзвичайно високою точністю поверхні, яка відіграє провідну роль у вимірюванні фотометричних параметрів. Виготовлення сфероїдних рефлекторів потребує формування поверхні з підвищеною точністю шляхом якісної механічної обробки, шліфування, полірування або нанесення спеціальних видів покриттів [2].

Тому науковці постійно шукають оптимальні способи їх виготовлення, що дозволять знизити собівартість продукції, зменшити використання основних і додаткових матеріалів та інших витрат, пов'язаних з використанням виробничого часу. Розглянемо основні види виготовлення сфероїдних рефлекторів з різних матеріалів, наведемо їх переваги і недоліки. Всі методи по способу виготовлення сфероїдних рефлекторів поділяються на формуванням поверхні *механічно*, тобто процесом точінням та з використанням *інших технологій*, таких як метод реплікації та 3Д-друк.

Точіння сфероїдних рефлекторів на верстатах, оснащених спеціальним устаткуванням для отримання сфероїдних рефлекторів з подальшим виконанням операцій шліфування, полірування, хонінгування (з абразивними дрібнозернистими брусками сферичної форми) та ін. *Перевагами* є виконання вищесказаних технічних операцій без переустановлення деталі, що усуває суттєві похибки зміщення центру та базування деталі. *Недоліком* є складність виготовлення продукції з іншими параметрами.

Окремим видом є точіння сфероїдних рефлекторів з використанням алмазного інструменту, який дозволяє отримати поверхню високої точності. *Перевагою* є забезпечення точності поверхні 5-им квалітетом з шорсткістю  $Ra=0.04..0.0016$  мкм, а також висока стійкість у роботі без налагодження та регулювання, що є важливою умовою в автоматизованому виробництві. *До недоліків* відносять вартість різця і можливість згорання алмазного інструменту внаслідок недотримання режимів різання.

Використання копіювальних верстатів є одним із найпоширеніших методів при виготовленні деталей зі складними поверхнями. *Перевагою* є простота методу. *Недоліком* є складність виготовлення шаблонів високої точності профільних поверхонь.

Сфероїдні рефлектори виготовляють на верстатах з ЧПУ, ГВС (гнучкі виробничі системи) та обробних центрах. *Перевагами* є багатofункціональність таких верстатів, висока точність та автоматизований процес виробництва. *Недоліками* є висока вартість верстатів та пошук кваліфікованих робітників для роботи з цим обладнанням. Виготов-

лення сферіодних рефлекторів методом реплікації полягає у прикладанні еталону до сферичної поверхні деталі, на яку попередньо наносять рівномірний тонкий шар рідкої полімерної композиції [3]. *Перевагою* є висока точність обробки в результаті затвердіння нанесеної речовини. *Недоліком* є виготовлення шаблонів високої точності та складність контролю рівномірного нанесення полімерної композиції під час затвердіння. Отримання сферіодних рефлекторів обертання з використанням 3Д-принтерів потребує подальшого нанесення спеціального покриття на внутрішню поверхню. *Перевагою* є виготовлення деталей з багатьох видів матеріалів, швидкість та точність друку, малі розміри 3Д-принтера, а також мала собівартість продукції.

Методи лазерного 3Д-друку. Метод стереолітографії (Stereolithography або SLA) полягає в реалізації створеної на ПК моделі шляхом поступового нарощування рідкої фотополімерної смоли з подальшим її затвердінням під дією ультрафіолетового випромінювання. *Перевагами* методу стереолітографії є висока точність відтворення 3Д-моделі і формування абсолютно рівної поверхні. *Недоліками* є вартість лазерного 3Д-принтера та застосування конкретного виду матеріалів – фотополімерів. При застосуванні методу лазерного спікання у якості матеріалу використовують плавкий пластик або легкоплавкий металу, який під дією лазера кристалізується. *Перевагою* є висока міцність виготовленої поверхні. *Недоліком* є вартість лазерної установки.

Технології струменевого 3Д-друку. Технологія FDM (Fused Deposition Modeling) ґрунтується на принципі *екструзії* – видавлюванні розплавленого матеріалу і формування шарів сферіодних рефлекторів. *Перевагами* є великі розміри вихідних деталей, порівняно з іншими видами 3Д-друку, використання практично всіх матеріалів, які піддаються плавленню і затвердінню, а також висока якість друку сферіодних рефлекторів завдяки товщині шару матеріалу 0.12 мм. *Недоліком* є руйнування продукції під дією ультрафіолетових променів, що передбачає обов'язкове нанесення захисного покриття. Технологія Polyjet полягає у використанні рідких фотополімерів, що полімеризується під дією ультрафіолетового світла і перетворюється в пластик. *Перевагами* є малі габаритні розміри, використання декількох кольорів, а також висока якість та швидкість друку сферіодних рефлекторів. Суттєвих недоліків не виявлено. Виходячи із аналізу технологій виготовлення сферіодних рефлекторів, для досягнення надзвичайно високої точності після виготовлення сферіодних рефлекторів механічними способами необхідно виконувати шліфування, а після застосування немеханічних способів – обов'язкове нанесення спеціальних видів покриття. Активний пошук оптимальних технологій, методик та способів створення сферіодних рефлекторів спрямований на точність, якість, надійність та вартість продукції.

### **Література**

1. Bezuglyi M. A. Ellipsoidal reflectors in biomedical diagnostic / M. A. Bezuglyi, N. V. Bezuglaya // Proc. SPIE 9032-15. – 2013, V2. – Pp.Q1– Q5.
2. Безуглий М.О. Контроль форми еліпсоїдальних рефлекторів біомедичних фотометрів / М.О. Безуглий, Лінючева О.В., Безугла Н.В., Бик М.В., Костюк С.А // Вісник НТУУ «КПІ». Серія Приладобудування. – 2017, №1 (53). – С.62-69.
3. Безуглий М.О. Особливості виготовлення еліпсоїдальних рефлекторів фотометрів / М.О. Безуглий, І.І. Синявський, Н.В. Безугла, А.Г. Козловський // Вісник НТУУ «КПІ». Серія Приладобудування. – 2016, №2 (52). – С.76-81.

**УДК 699.86**

**Ю.В. Коломієць канд. техн. наук., М.Н. Джалалов канд. техн. наук.**

Харківський національний університет будівництва та архітектури, Україна

**ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ  
ПОКАЗНИКИ УЛАШТУВАННЯ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ ЗОВНІШНІХ СТІН  
БУДІВЕЛЬ**

**IU. V. Kolomiets, Ph.D., M. N. Dzhahalov, Ph.D.**

**INVESTIGATION OF THE FACTORS AFFECTING THE TECHNICAL AND  
ECONOMIC INDICATORS OF THE DEVICE FOR THE THERMAL INSULATION  
OF THE EXTERNAL WALLS OF BUILDINGS**

У багатьох випадках процес виробництва робіт по влаштуванню теплоізоляції існуючих будівель виконується в специфічних умовах міської забудови, а також під впливом ряду факторів, які впливають на ефективність будівельних робіт. У цій частині дуже важливо до початку виконання робіт кількісно оцінити зазначені умови з метою їх мінімізації шляхом вибору раціональних організаційно-технологічних рішень. Для цього потрібна розробка відповідної методики.

Для визначення номенклатури дестабілізуючих факторів, були проведені дослідження проектно-кошторисної документації та досвіду виконання робіт по влаштуванню теплоізоляції на ряді об'єктів. На підставі обраного переліку дестабілізуючих факторів було проведено їх ранжування методом експертних оцінок. При цьому використовувався варіант заочної оцінки, щоб виключити взаємний вплив думок експертів. До експертних груп були залучені наступні фахівці:

- вчені навчальних та науково-дослідних установ;
- інженери проектних організацій;
- інженерно-технічні працівники будівельних підприємств.

На підставі обробки результатів методу експертних оцінок встановлено, що найбільш важливими є такі дестабілізуючі фактори :

- щільність об'єктів;
- конфігурація поверхні, що ізолюється;
- ступінь фізичного зносу будівельних конструкцій;
- висота будівлі;
- наявність на поверхні, що ізолюється архітектурних деталей;
- особливості експлуатації об'єктів, на яких виконуються роботи.

Фактор обмеженості при влаштуванні теплоізоляції стін існуючих будівель впливає практично на всіх об'єктах і його облік здійснюється застосуванням нормативно встановлених коефіцієнтів. Тому в рамках даного дослідження він був виключений з огляду на його постійний вплив на ефективність робіт.

На підставі обробки результатів експертних даних і даних обробки методом рангової кореляції побудована діаграма рангів.

З проведеного аналізу видно, що найбільший вплив мають фактори щільності і ступеня фізичного зносу будівельних конструкцій.

УДК 631.331.922

С.І. Коноваленко, В.П. Притулка

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ БУНКЕРА-НАКОПИЧУВАЧА ПРОТРУЮВАЧА

S.I. Konovalenko, V.P. Prytulka

### RESEARCH OF STORAGE HOPPER STRAINED STATUS OF SEEDS PROTECTOR

Для підвищення продуктивності стаціонарних протруювальних комплексів потрібно щоб процес відбору готового продукту, протруєного насіння, мав мінімальний вплив на сам процес протруювання. Потрібно уникати частих зупинок-пусків всієї технологічної лінії із-за накопиченого готового матеріалу. З цією метою протруювальні комплекси в переважній більшості обладнують бункерами-накопичувачами. Це резервуари, в які надходить протруєне насіння після процесу нанесення робочого препарату і де певний час воно зберігається. Окрім функції накопичувати протруєний матеріал там відбувається і значне його перемішування, а додаткові контакти між частинками дозволяють більш рівномірно розподілити хімічний препарат на поверхнях насіння.

Конструкція розробленого бункера-накопичувача включає циліндричну та конусну частини загальним об'ємом  $V = 2,2 \text{ м}^3$ . Навантаження на стінки бункера утворене тиском сипкого насінного матеріалу.

Даний бункер-змішувач можна віднести до тонких оболонок, розрахунок яких ведемо за безмоментною теорією [1]. Виходячи з цього, напруження  $\sigma_m$  (меридіальне) і  $\sigma_t$  (тангенційне) є головними напруженнями. Третє головне напруження, напрям якого нормальний до поверхні оболонки, на одній з поверхонь (зовнішній або внутрішній) діє тиск  $p$ , а на протилежній він рівний нулю. У тонкостінних оболонках завжди  $\sigma_m$  і  $\sigma_t$  значно більші  $p$  і, це означає, що величиною третього головного напруження в порівнянні з  $\sigma_m$  і  $\sigma_t$  можна знехтувати, тобто вважати його рівним нулю.

Дія сипкого матеріалу подібна до дії води на стінки резервуару [2], тому вирази головних напружень матимуть вигляд:

– максимальне меридіальне напруження в стінці днища при  $x = H_k$  буде

$$\sigma_{m \max} = \frac{\gamma \cdot \operatorname{tg} \alpha}{2h \cos \alpha} \left( H + \frac{H_k}{3} \right) H_k, \quad (1)$$

де  $\gamma$  – густина матеріалу, що наповнює бункер;  $\alpha$  – половинний кут конусного днища;  $h$  – товщина стінки;  $H$  – висота стовпа насіння циліндричної частини бункера;  $H_k$  – висота стовпа насіння конусної частини бункера;

– тангенційні напруження

$$\sigma_t = \frac{\gamma \cdot x \cdot \operatorname{tg} \alpha}{h \cos \alpha} (H + H_k - x). \quad (2)$$

Таким чином, вважатимемо, що матеріал оболонки знаходиться в плоскому напруженому стані. Тоді для розрахунку на міцність слід користуватися відповідною теорією міцності. Наприклад, застосувавши IV теорію міцності, умову міцності запишемо так [1]

$$\sigma_{\text{ексIV}} = \sqrt{\sigma_m^2 + \sigma_t^2 - \sigma_m \sigma_t} \leq [\sigma]. \quad (3)$$

Підставляючи числові значення розрахункових величин, результати напружень представимо у вигляді графіків, рис. 1-3.

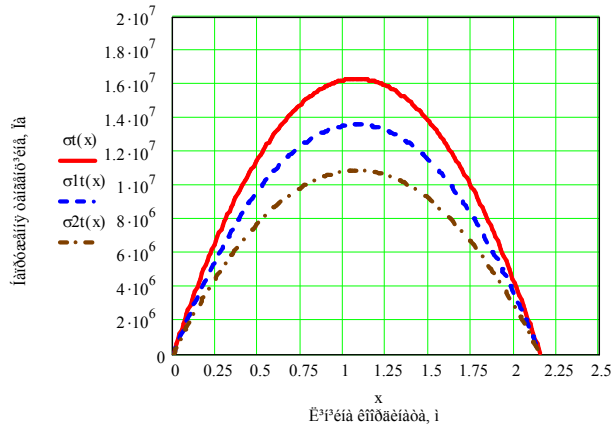


Рисунок 1. Розподіл тангенційних напружень в стінці бункера при табулюванні товщини стінки:  $h = 1,0; 1,2; 1,5$  мм

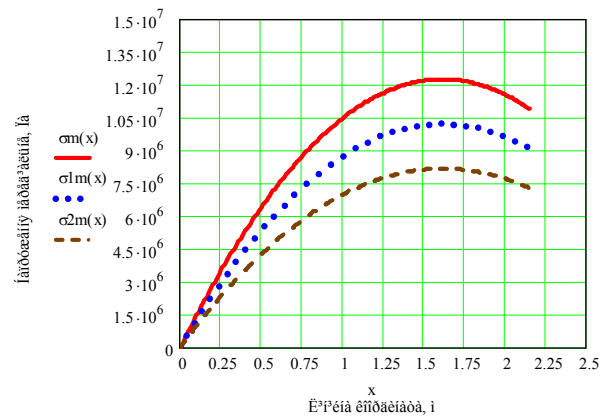


Рисунок 2. Розподіл меридіальних напружень в стінці бункера при табулюванні товщини стінки:  $h = 1,0; 1,2; 1,5$  мм

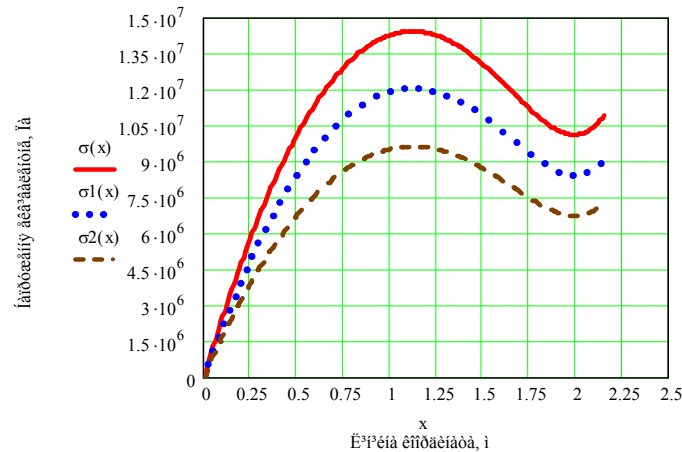


Рисунок 3. Розподіл еквівалентних напружень в стінці бункера при табулюванні товщини стінки:  $h = 1,0; 1,2; 1,5$  мм

Отже, графік розподілу еквівалентних напружень вказує на те, що всі табульовані товщини стінок матимуть достатню міцність при максимальному заповненні бункера насінням. Але, з попереднього аналізу за тангенційними напруженнями, товщина стінки 1 мм є ненадійною. Тому приймаємо рішення, що товщина стінки бункера-накопичувача повинна становити не менше 1,2 мм.

### Література

1. Опір матеріалів [Текст] / Під заг. ред. акад. АН УРСР Г. С. Писаренко. – К.: Вища школа, 1974. – 304 с.
2. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины [Текст] / Под ред. Г.Е. Листопада.– М.: Агропромиздат, 1986. – 688 с.

УДК 624.012.25

О.П. Конончук канд. техн. наук, А.С. Пелехатий, Т.В. Осадчук, О.О. Стадник  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ЗГИНАЛЬНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ДО ПІДСИЛЕННЯ ПРИ ДІЇ ОДНОРАЗОВОГО ТА МАЛОЦИКЛОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ

A.P. Kononchuk Ph.D., A.S. Pelechatyy, T.V. Osadchuk, A.A. Stadnyk  
INVESTIGATION OF THE WORK OF CUTTING STEEL CONCRETE ELEMENTS  
TO SUSPENDING THE EFFECT OF ONE-RADE AND SMALL CYCLE LOAD

На сьогоднішній день перед інженерами будівельниками все гостріше постає проблема реконструкції та відновлення існуючих будівель та споруд, які за тривалий термін експлуатації зазнали пошкоджень різного характеру. Невід’ємним питанням, при цьому, залишається підсилення будівельних конструкцій, які непридатні до подальшої експлуатації або не можуть нести заданих навантажень.

Тому, основним завданням, яке ставилось в даних дослідженнях є вивчення та порівняння роботи згинальних залізобетонних елементів до та після їх підсилення різними методами в розтягнутій зоні, при дії одноразових та малоциклових навантажень.

За основу було взято два методи підсилення: перший метод – це давно відомий стержневий метод підсилення, який виконується за допомогою системи арматурних стержнів, кутиків, опорних пластин, які «одягаються» на балку та зварюються; другий метод – це підсилення за допомогою композитних матеріалів швейцарської фірми Sika (рис. 1), які набувають широкого використання в Україні.

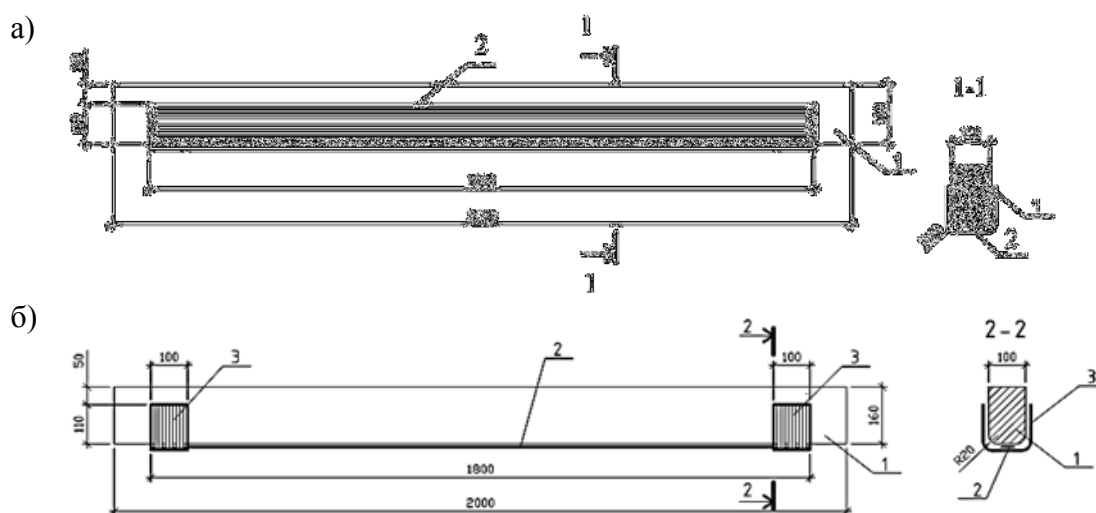
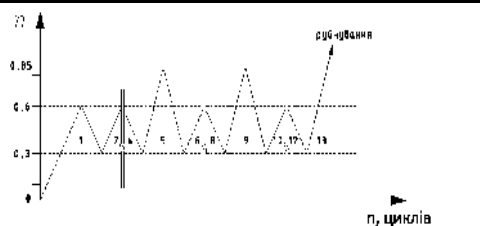
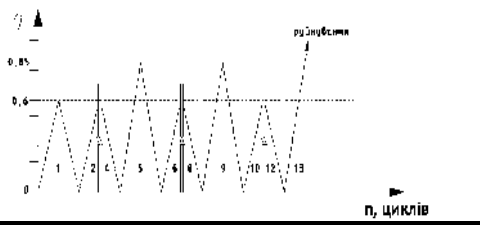
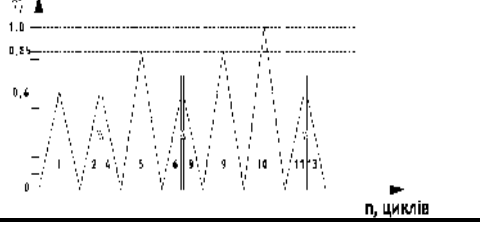


Рисунок 1. Схеми підсилення дослідних балок:  
а) полотном Sika Wrap; б) стрічкою Sika Carbodur S-512  
1 – дослідна балка; 2 – елемент підсилення, 3 – елемент анкерування

При дослідженні дослідних зразків використовувались два види навантажень: одноразові та малоциклові (див. табл. 1). Малоциклові навантаження прийняті – високих рівнів. Кількість циклів навантаження на зразки прийняли рівною – 13. З 1-го по 4-

й цикл прикладали навантаження в межах 0,3-0,6 від руйнуючого, на 5,9-му – 0,3-0,85, на 6-, 7-,8-му 0,3-0,6, а руйнуюче на 13-му циклі.

Таблиця 1. Методика експериментальних досліджень

№ з/п	Назва балки	Відсоток армув., %	К-сть циклів	Рівні навантаження
1	БО-1	0,981	-	Одноразове навантаження
2	БО-2			
3	БЦ1-1		13	
4	БЦ1-2			
5	БЦ2-1		13	
6	БЦ2-2			
7	БЦ3-1		13	
8	БЦ3-2			

На основі проведених досліджень можна зробити висновок про наступне: вже при 5-му повторенні одного і того ж циклу навантаження величина відносних деформацій як стиснутого бетону, так і розтягнутої внутрішньої сталеві арматури є стабільною і практично незмінною, а при зміні навантаження (одноразовому збільшенні) отримуємо збільшення відносних деформацій. При навантаженні на 10-му циклі, балки показали меншу несучу здатність, що є наслідком малоциклових навантажень. Отримані в цих дослідженнях експериментальні дані випробувань згинальних залізобетонних балок до підсилення на дії одноразового та малоциклового навантаження дають змогу в подальшому порівняти роботу дослідних зразків після їх підсилення на дію аналогічних навантажень.

### Література

1. Борисюк О.П. Напружено-деформований стан нормальних перерізів згинальних залізобетонних елементів, підсилених вуглепластиками за дії малоциклового навантаження / О.П. Борисюк, О.П. Конончук // Монографія. – Рівне: НУВГП, 2014. – 136 с.
2. Конончук А.П. Исследование по нормальным сечениям железобетонных балок усиленных разными методами // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: материалы международной конференции молодых ученых. – Могилев: ГУ ВПО "Белорусско-Российский университет", 2010. – С. 121.
3. Конончук О.П. Результати експериментальних досліджень залізобетонних балок, підсилених композитними матеріалами // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. пр. – Рівне: НУВГП, 2012. – Вип. 23. – С. 479 – 486.

**УДК 621.326**

**І.Б. Коцюк, Н.В. Наливайко, Н.І. Хомик канд. техн. наук, доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### **ЗБИРАННЯ ГИЧКИ ТА КОРЕНЕПЛОДІВ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ТРАКТОРА ІНТЕГРАЛЬНОЇ СХЕМИ**

**I.B. Kotsiuk, N.V. Nalyvaiko, N.I. Khomyk Ph.D., Assoc. Prof.**

### **FOLIAGE AND GATHERING ROOTS OF SUGAR BEETS WITH THE USE OF TRACTOR INTEGRATED SCHEMES**

Процес збирання врожаю сільськогосподарських культур є найбільш трудомісткою операцією у технології їх вирощування.

Перспективна технологія вирощування цукрових буряків передбачає використання інтегрального трактора ЛТЗ-155, фронтальної гичкозбиральної машини МБФ-6 та причіпної коренезбиральної машини МКК-6-02, тобто процес збирання гички і коренів здійснюється одним тяговим агрегатом, який суміщає ці операції в одному проході або може виконувати їх роздільно. Підвищення ефективності однофазного збирання цукрових буряків забезпечується використанням інтегрального трактора з реверсним постом управління типу ЛТЗ-155, який дозволяє виконувати видалення гички, викопування і очищення коренеплодів в одному проході на робочій швидкості 6...8км/год.

Враховуючи це, пропонується схема фронтально-начіпної гичкозбиральної машини на базі інтегрального трактора ЛТЗ-155. Удосконалювана гичкозбиральна машина МБФ-6 забезпечує відділення гички на висоті не більше 10 мм від основи головки коренеплодів. Загальна кількість гички на коренеплодах не повинна перевищувати 1,5% від маси коренеплодів. Забрудненість гички частинами ґрунту не більше 0,5% від її маси. Втрати вільної гички за машиною не повинні перевищувати 10% від її урожайності. При роботі машини загальна маса вибитих з рядків коренеплодів не більше 5% від урожаю. Пошкодження робочими органами і ходовими колесами гичкозбиральної машини коренеплодів допускається до 1,5%.

У фронтально-начіпній гичкозбиральній машині основним робочим органом є дисковий активний гичкоріз, який кінематично зв'язаний з копіюючим механізмом для відслідковування положення головок коренеплодів відносно поверхні ґрунту. Перед початком роботи встановлюється положення ножа відносно ґрунту з допомогою опорних коліс, які обладнуються гвинтовими механізмами. Зрізана гичка передається на підбирач, який транспортує масу до поперечного вивантажувального транспортера. При цьому поперечний транспортер зміщує гичку вліво на зібрану частину поля і формує валок таким чином, щоб він не попадав під ходову систему енергетичного засобу. Привод фронтальної гичкозбиральної машини здійснюється від переднього ВВП трактора ( $n=1000\text{хв}^{-1}$ ). Крутний момент від ВВП трактора через карданну передачу передається на центральний редуктор з передаточним відношенням  $i=1,87$  від якого здійснюється привод поперечного транспортера, а також роздаточного редуктора. Роздаточний редуктор через карданні передачі приводить редуктори приводу гичкорізів і конічний редуктор приводу підбирача гички. Робочі органи машини не повинні залипати і забиватися ґрунтом і рослинними рештками. Обслуговує агрегат один тракторист. Радіус повороту агрегату має бути не більше 9м. Напрацювання на відмову повинно бути не менше 40год.

Конструкція гичкозбиральної машини передбачає простоту і зручність регулювання робочих органів, заміни зношених деталей і вузлів, а також ремонту. У конструкції агрегату передбачена сигналізація про порушення технологічного процесу окремими робочими органами або при їх відмовах. У кінематичній схемі гичкозбиральної машини використано



запобіжні фрикційні муфти, які встановлюють на передачу певного крутного моменту з можливістю зміни відповідно до умов роботи.

Конструкції бурякозбиральних машин виготовляють в основному 1-, 2-, 3-х та 6-рядними. Останні найбільш поширені. Посів цукрових буряків здійснюється 12-рядними сівалками; є перспективні конструкції 18-рядних машин. Застосування комбінованих агрегатів для збирання цукрових буряків на базі трактора інтегральної схеми типу ЛТЗ-155 порівняно зі звичайною технологією на базі трактора МТЗ-82 з 12 рядними машинами забезпечує [1]: скорочення кількості проходів агрегатів полем у 2...3 рази; підвищення продуктивності праці в 1,5...2,5 рази; скорочення витрат гербіцидів у 2 рази; зниження витрат паливо-мастильних матеріалів на 35...45%; вивільнення 2-3 механізаторів; отримання додатково 45...80 центнерів коренеплодів з кожного гектара посіяної площі. Для можливості агрегування коренезбиральної машини МКК-6-02 з інтегральним трактором ЛТЗ-155 необхідно демонтувати із самохідної машини трактор МТЗ-80 та обладнати її причіпним пристроєм. Для приводу робочих органів коренезбиральної машини у базовому її виконанні використовують ВВП трактора ( $n=540\text{хв}^{-1}$ ), на який встановлюють роздаточний редуктор. При агрегуванні коренезбиральної машини МКК-6-02 з інтегральним трактором ЛТЗ-155 привод робочих органів здійснюється від заднього верхнього ВВП трактора ( $n=1000\text{хв}^{-1}$ ) через карданну передачу і редуктор. Перед комплектуванням збирального агрегату трактор ЛТЗ-155 необхідно обладнати спареними колесами з розміром шин  $9,5\times 42$ , ширина шини 241 мм. Цим запобігають роздавлюванню коренеплодів рушіями трактора, а також підвищуються тягово-зчіпні властивості колісного рушія трактора [1]. Використання інтегральних тракторів для створення комбінованих збиральних агрегатів є порівняно новим напрямком у розвитку сучасних засобів механізації технологічних процесів у рослинництві. У зв'язку з цим при проектуванні комбінованих збиральних агрегатів, до складу яких входять одноопераційні машини необхідно проводити обґрунтування вибору і розрахунок основних режимів роботи.

Принципи інтегральності трактора ЛТЗ-155 [1]: постійна реалізація зчіпної маси при будь-яких навантаженнях на колеса однакового розміру; майданчик для технологічних місткостей; передня і задня начіпні системи і роздільне копіювання рельєфу ґрунту; знаряддями, що на них навішені; розвинута мережа валів відбору потужності; можливість зміни режимів повороту керованих коліс; повний реверс поста керування; центральне розташування кабіни з можливістю перестановки в простір над заднім мостом і перед двигуном; мінімальна дія рушіїв на ґрунт; блочно-модульний принцип компоновки; можливість зміни агропросвіту.

Особливістю інтегрального трактора ЛТЗ-155 є те, що він виконаний за блочно-модульним принципом і добре пристосований для модульного комплектування на його базі машинно-тракторних агрегатів різноманітного призначення. Трактор об'єднує в собі функції тягової машини з достатньо високими тягово-зчіпними властивостями, енергетичного засобу з розвинутою системою відбору потужності і монтажною бази, що включає технологічний майданчик і 2 начіпні системи. Тому перспективним варіантом технології збирання врожаю цукрових буряків є використання існуючих причіпних машин при агрегуванні їх з новими інтегральними тракторами та універсальними енергетичними засобами.

### **Література**

1. Универсально-пропашной трактор ЛТЗ-155. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Липецк, 1997.

УДК 66.045:51-74

**Р.В. Коцюрко, І.Д. Лучейко канд. техн. наук, доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### **ТЕПЛООБМІННИК ТИПУ “ЗМІШУВАННЯ – ЗМІШУВАННЯ” ЯК ПЕРЕТВОРЮВАЧ СИГНАЛУ ТЕМПЕРАТУРИ**

**R.V. Kotsurko, I.D. Lucheyko Ph.D., Assoc. Prof.**

### **“MIXING-MIXING” HEAT EXCHANGER AS TEMPERATURE SIGNAL TRANSDUCER**

Температури  $\theta_{0i} = T_{0i} / T_{02}$  теплоносіїв (ТН) на виходах теплообмінного апарата (ТА) з двома зонами ідеального змішування у стаціонарному режимі роботи визначаються за формулами

$$\theta_{01} = \frac{A_1 + (1 + A_2)\theta_{01}^{BX}}{1 + A_1 + A_2}, \theta_{02} = \frac{1 + A_1 + A_2\theta_{01}^{BX}}{1 + A_1 + A_2}, \quad (1)$$

де  $\theta_{01}^{BX} = T_{01}^{BX} / T_{02}^{BX} > 1$ ,  $\theta_{02}^{BX} = 1$  – температури на входах ТА;  $A_i = K_F / (v_i c_i)$  – числа перенесення;  $K_F = kF$  – коефіцієнт теплопередачі  $k$ , віднесений до всієї площі  $F$  поверхні теплообміну;  $v_i, c_i$  – об’ємні швидкості потоків ТН та їх теплоємності;  $i = 1, 2$  – індекси гарячого та холодного ТН.

Система “ТА + теплопередача” розглядається як чотиріполосник і трактується як перетворювач сигналу температури. Розрахуємо коефіцієнт перетворення системи як співвідношення  $\zeta_{0T}$  різниці температур між ТН на виході та відповідної різниці температур на вході. Із (1)

$$\zeta_{0T} = \frac{\Delta\theta_0^{BX}}{\Delta\theta_0} = \frac{\theta_{01} - \theta_{02}}{\theta_{01}^{BX} - 1} = \frac{1}{1 + A_1 + A_2} = \frac{1}{\left(1 + \frac{K_F}{v_1 c_1} + \frac{K_F}{v_2 c_2}\right)} \notin f(\theta_{0i}^{BX}). \quad (2)$$

Звідси  $K_F = 0 \Rightarrow \zeta_{0T} = 1$  – відсутність теплообміну (ідеальна теплоізоляція поверхні), тобто втрата функціонального призначення ТА, отже значення  $\zeta_{0T} = 1$  у звичайному розумінні цілком нелогічне. Подібним чином  $v_i \rightarrow \infty \Rightarrow \zeta_{0T} \rightarrow 1$ .

Із протилежної сторони  $K_F \rightarrow \infty$  або  $v_i \rightarrow 0 \Rightarrow \zeta_{0T} \rightarrow 0$  – ідеальні умови теплопередачі або негативна відсутність руху одного з ТН (нульова продуктивність, зокрема, по цільовому холодному ТН), тобто значення  $\zeta_{0T} = 0$  у цьому випадку також достатньо алогічне. Тому введемо більш зручний показник ефективності

$$\kappa_{0T} = 1 - \zeta_{0T} = \frac{A_1 + A_2}{1 + A_1 + A_2} \leq 1, \quad (3)$$

$$A_1 + A_2 \gg 1 \Rightarrow \kappa_{0T} \approx 1, \quad A_1 + A_2 \ll 1 \Rightarrow \kappa_{0T} \ll 1,$$

звідки чисто теоретично  $A_i = 0 \Rightarrow \kappa_{0T} = 0$ ,  $A_i \rightarrow \infty \Rightarrow \kappa_{0T} \rightarrow 1$ . Нерівності відповідають крайнім випадкам реального процесу теплообміну.

**УДК 621.9**

**П.Д. Кривий канд. техн. наук, доц., В.В. Крупа канд. техн. наук., Г. Ю Михалчич**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА  
ГОРИЗОНТАЛЬНО-ФРЕЗЕРНОГО ВЕРСТАТУ З ІНТЕГРОВАНИМ  
ПРИВОДОМ ГОЛОВНОГО РУХУ**

**P.D. Kryvyi Ph.D., Assoc. Prof., V.V. Krupa, Ph.D., H.Y. Mychaltchytch**  
**SUBSTANTIATION OF PARAMETERS OF THE SPINDLE UNIT HORIZONTAL  
MILLING MACHINE TOOL WITH INTEGRATED DRIVE HEAD MOVEMENT**

Внаслідок наявного великого парку застарілих верстатів на українських підприємствах, що не відповідають сучасним вимогам в основному за швидкістю обробки, виникає необхідність у їх модернізації. Одним із напрямів модернізації таких верстатів є встановлення додаткового приводу головного руху, який забезпечував би можливість високошвидкісної обробки [1]. Проведено аналіз типів приводів головного руху сучасних метало-різальних верстатів, а також напрямів оптимізації їх конструкції [2].

В роботі проведено модернізацію приводу головного руху горизонтально-фрезерного верстату, шляхом заміни третьої переборної групи коробки швидкостей і встановлення додаткового електродвигуна та зубчато-пасової передачі. Проведено обґрунтування кінематичних параметрів інтегрованого приводу головного руху. При необхідності обробки з частотою обертання до 1000 об/хв включається привод з асинхронним двигуном та коробкою швидкостей. При необхідності забезпечення частот з 1000 до 10000 об/хв – застосовується привод з високомоментним двигуном постійного струму та зубчато-пасовою передачею, один із шківів якої встановлений на шпинделі.

Розроблено 3-D модель шпиндельного вузла верстату. Проведено міцнісний аналіз, зокрема, аналіз напружено-деформованого стану, стійкості та теплопровідності, а також динамічний аналіз: визначено власні частоти та форми коливань шпинделя, розподіл лінійних, кутових і сумарних переміщень, розподіл деформацій за елементами моделі, розроблено карти і епюри розподілу внутрішніх зусиль, встановлено значення коефіцієнта запасу стійкості і форми втрати стійкості, визначено коефіцієнти запасу і числа циклів за критерієм втомної міцності тощо.

На основі проведених розрахунків проведено модернізацію приводу головного руху, а також шпиндельного вузла верстату, шляхом зміни схеми опор, міжопорної відстані, діаметрів частин шпинделя. Проведено підбір кулачкової муфти для переключання крутного моменту між приводами.

Проведені дослідження дозволили скоректувати конструкторські параметри приводу в сторону зменшення маси окремих елементів, а також розширити діапазон регулювання частоти обертання шпинделя.

**Література**

1. Шестернинов А.В. Конструирование шпиндельных узлов металлорежущих станков: Учебное пособие. / Шестернинов А.В. – Ульяновск: УлГТУ, 2006. - 96 с
2. Ломов Михаил Викторович. Повышение точности многоопорных шпиндельных узлов оптимизацией их конструкции: диссертация ... кандидата технических наук: 05.02.07 / Ломов Михаил Викторович; [Место защиты: Московский государственный технический университет им.Н.Э.Баумана].- Москва, 2015.- 161 с.

**УДК 621.9**

**В.А. Гриневич, М.Р. Коневич**

Тернопільський національний технічний університет імені І.Пулюя. Гусятинський коледж Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, Україна

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РОЗТОЧУВАННЯ ГВИНТОВИХ НЕЖОРСТКИХ ЗАГОТОВОК**

**V.A. Grunevuch, M.R. Konevych**

**INVESTIGATION OF THE PROCESS OF CLEANING NEEDLES**

В процесі розточування отворів з невеликим внутрішнім діаметром у нежорстких гвинтових заготовках (НГЗ) із матеріалів, які утворюють зливну стружку, спостерігається тертя стружки до обробленої поверхні та заклинювання її в отворі, тобто якість обробленої поверхні залежить від характеру завивання стружки.

Розрахункову схему процесу різання зображено на рис. 1.

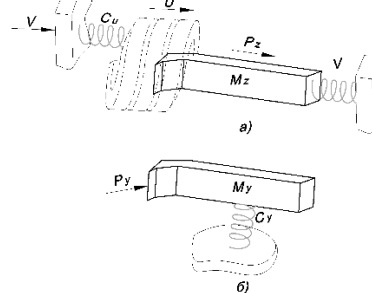


Рисунок 1. Розрахункова схема в площині дії для визначення складових сил розточування:

а) тангенційної сили  $P_z$ ; б) радіальної сили  $P_y$

Визначено диференціальні рівняння руху різцетримача у тангенційному та радіальному напрямках:

$$\begin{cases} M_z \ddot{z} = -c_z z + P_z; \\ M_y \ddot{y} = -c_y y + P_y, \end{cases} \quad (1)$$

де  $M_z, M_y$  - відповідно зведені маси різцетримача у тангенційному та радіальному напрямку;  $c_z, c_y$  - відповідно зведені жорсткості різцетримача у тангенційному та радіальному напрямку;  $z, y$  - відповідно тангенційна та радіальна координати руху різцетримача.

Рівняння руху НГЗ:

$$M_U \ddot{u} = -c_U (u - v\tau) - P_z, \quad (2)$$

де  $M_U$  - зведена маса витка гвинтової нежорсткої деталі до точки контакту з різцем;  $c_U$  - зведена жорсткість витка гвинтової нежорсткої заготовки в місці контакту з різцем;  $u$  - координата руху гвинтової заготовки;  $v$  - швидкість обертання пристрою для закріплення гвинтової нежорсткої деталі,  $\tau$  - біжучий час.

Система диференціальних рівнянь (1) з врахуванням залежності (2) описує процес перервного розточування НГЗ, рух окремих складових системи та динамічні зусилля,

які при цьому виникають. Для її розв'язку задано початкові умови. Очевидно, що перед початком різання (до контакту різця з заготовкою) різцетримач знаходиться у вільному стані, тому його координати нульові, так само, як і відповідні швидкості.

Для практичного аналізу застосовано стандартний чисельний метод інтегрування системи диференціальних рівнянь Рунге-Куты. Для цього систему (1) зведено до системи диференціальних рівнянь першого порядку, виконавши очевидні перетворення для заміни змінних. На рис.2 зображено зміну дійсної глибини різання  $t$  (крива 1) під час розточування. В процесі врізання на початковій стадії існують значні коливні процеси, що пояснюються ударним навантаженням і, відповідно, значними коливаннями заготовки та різцетримача у радіальному напрямку. Відхилення НГЗ (крива 2) проходить плавно у часі без різких стрибків збільшення навантаження. Розрахункова глибина різання (крива 3) змінюється так само, як і дійсна глибина з тією лише різницею, що на відміну від дійсної глибини різання, де спостерігається лінійна ділянка, вона відсутня, а замість неї спостерігається різкий стрибок сили. При цьому сили різання (крива 2) також суттєво змінюються, коливаючись від нуля до максимальних значень. Після достатнього заглиблення різця в НГЗ коливання зменшуються, а навантаження стабілізуються на певному рівні. Зміна сил різання (криві 1,2) вказує, що дійсна глибина різання суттєво менше розрахункової, отже, для зняття необхідного припуску під час розточування слід збільшувати глибину різання з врахуванням податливості елементів. Аналіз графіків (рис.3) показує, що динамічні зусилля у пружних елементах різцетримача (крива 3) не мають різких коливних навантажень за рахунок значної інерційності його маси, хоча максимальні навантаження приблизно відповідають максимальним силам різання. Тангенційні зусилля спочатку різко зростають (крива 1), а потім так само різко зменшуються. Динамічні зусилля (крива 2) обернено протилежні зміні тангенційних зусиль. Отримані результати чисельного інтегрування наведено на рис.3.

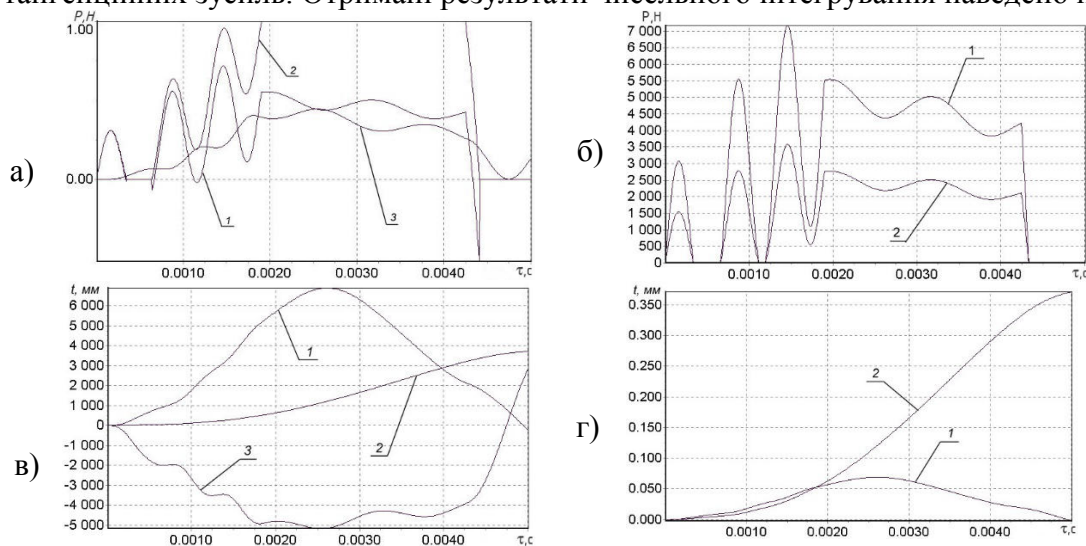


Рисунок 2. Результати чисельного інтегрування розточування НГЗ:

- а) зміна дійсної глибини різання (1), відхилення ГНД (2) та розрахункової глибини різання (3) у часі; б) зміна тангенційної (1) та радіальної (2) сил різання в часі;
- в) зміна тангенційної (1) та радіальної (2) складових динамічних зусиль у пружних елементах різцетримача та зусиль у тілі ГНД (3) у часі; г) деформація різцетримача у тангенційному (1) та радіальному (2) напрямках у часі

### Література

1. Гевко Б.М. Технологія виготовлення спіралей шнеков. -Львов.: Вища школа. Изд-во при Львов. Ун-те, 1986. - 128 с.

**УДК 621.9**

**М.І. Загаєвський, В.З. Гудь канд. техн. наук**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

**М.І. Zagaevsky, V.Z. Hud Ph.D.**

### **RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDIES**

Експериментально досліджено технологію навивання гвинтових заготовок на оправу з профілюванням зовнішньої крайки заготовок із сталі 08 кп, Ст3 і алюмінієвого стопу АЛ5 товщиною 1-6 мм, шириною 20-50 мм. Для визначення впливу радіуса згину стрічки на процес формоутворення використано оправу радіусами 15, 20, 25, 30, 35, 60 і 90мм. Навивання нежорсткої гвинтової заготовки (НГЗ) здійснювали на токарно-гвинторізному верстаті 16К20, частоту обертання шпинделя встановлювали в межах 1,0-1,5 с<sup>-1</sup>. Згинальні моменти визначали за зусиллями, вимірними динамометром ДОС-20. Корпус динамометра встановлювали на направляючі супорта, що переміщувався з робочою подачею відповідно до товщини стрічки, яку навивали. Момент навивання стрічки на оправу заміряли методом тензометрування за допомогою динамометра. Давачі наклеювали на видовжений привід кінця оправы за мостовою схемою. Запис моментів здійснювали самописним пристроєм Н-388-П за допомогою тензометра Топаз 4-01.

Після проведення експериментів випробуване технологічне устаткування та спорядження для виготовлення гвинтових нежорстких деталей (ГНД) з стрічкових заготовок впроваджено у виробництво. Також на основі проведених експериментальних досліджень та порівняльного аналізу обґрунтовано достовірність теоретичних викладок. Ефективність розробленої методики підтверджена технологічними рішеннями, що відповідають локальній новизні (на конструкції розробленого технологічного спорядження одержано 3 патенти України на винаходи).

Результати досліджень процесу навивання показують, що в зв'язку з особливістю навивання стрічки ребром на оправу з одночасним профілюванням зовнішньої крайки, розширюються можливості одержання гвинтових заготовок з різними параметрами. У випадку застосування спеціальної оправы і додаткового профілювального ролика забезпечується стійкість смуги в процесі гнуття за умови  $R_{\min} = (1,0-1,5) B$ . Згин здійснюється поперечною незосередженою згинальною силою з плечем її прикладання в зоні деформації. Це сприяє підвищенню поперечної та поздовжньої стійкості, збільшенню ступеня видовження зовнішньої крайки через значні радіальні напруження, які виникають в процесі профілювання крайки та діють в зоні пластичної деформації.

Аналіз проведених досліджень впливу параметрів стрічки та радіуса навивання на оправу стрічок із алюмінієвих стопів, сталей 08кп і Ст3 показав, що зусилля згину в значній мірі залежить від значення сили попереднього радіального притиску, яке практично визначає розрахункове значення довжини плеча прикладання згинальної сили.

Залежність зусилля навивання від радіуса згинання визначали шляхом навивання стрічок висотою 40, 25, 10 мм на оправы різного діаметру. Збільшення сили згинання  $P$  спостерігається під час навивання на оправы меншого діаметру, а також стрічок більшої висоти (рис.1).

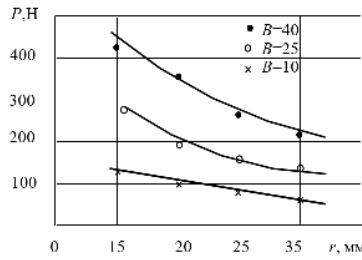


Рисунок 1. Залежність зусилля навівання від радіуса оправки і висоти стрічки (матеріал – АЛ-5)

Аналіз результатів визначення моменту навівання, який досліджувався в процесі навівання стрічки показує, що момент навівання зростає із зменшенням радіуса оправки та збільшенням висоти стрічки (рис. 2).

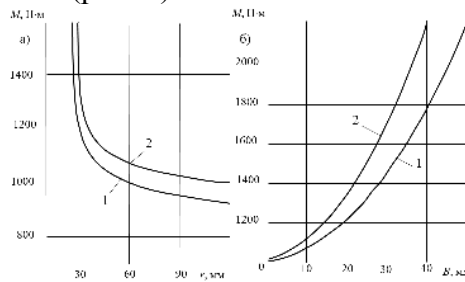
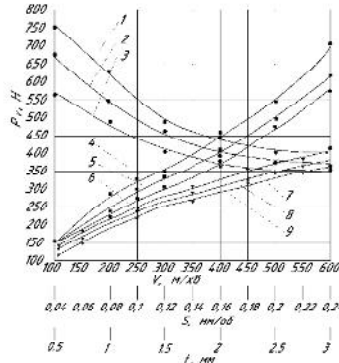


Рисунок 2. Залежності моменту навівання від радіуса оправки (а) і товщини стрічки (б) (1 –  $H=1,5$  мм; 2 –  $H=2$  мм)

Аналіз результатів дослідження процесу розточування НГЗ показав (рис. 3), що підвищення швидкості різання зменшує силу різання, а із збільшенням подачі та глибини сила різання зростає.

Результати досліджень можна використовувати для проектування технологічних процесів виготовлення НГД машин.

Запропонований технологічний процес виготовлення гвинтових гайок з використанням розробленого способу нарізання різі та пристрій для його реалізації забезпечує надійний і якісний процес виготовлення гайок з відповідною продуктивністю й надійністю та розширенням технологічних можливостей використання НГЗ.



● - швидкість різання; ▼ - подача; ■ - глибина різання

Рисунок 3. Залежності зусилля різання від режимів різання:

- 1 -  $V = 500$  м/хв; 2 -  $V = 300$  м/хв; 3 -  $V = 250$  м/хв; 4 -  $V = 250$  м/хв; 5 -  $V = 300$  м/хв;
- 6 -  $V = 500$  м/хв; 7 -  $S = 0,05$  мм/об; 8 -  $S = 0,15$  мм/об; 9 -  $S = 0,25$  мм/об.

### Література

1. Гевко Б.М., Пилипец М.И. Исследование процесса проточки шнеков // Технология и организация производства, 1985. - №3. - С. 18 – 19.

УДК 621.9

П.Д. Кривий, канд. техн. наук, доц., В.Р. Кобельник, канд. техн. наук,  
Н.М.Тимошенко, канд. техн. наук, доц., Т.В. В'юк

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**ІМОВІРНІСНО-СТАТИСТИЧНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ТОЧНОСТІ  
КІНЕМАТИЧНИХ ЛАНЦЮГІВ ПОДАЧ ВЕРТИКАЛЬНО-СВЕРДЛИЛЬНИХ  
ВЕРСТАТІВ**

**P.D. Kryvyy Ph.D., Assoc. Prof., V.R. Kobelnyk Ph.D., N.M. Tymoshenko Ph.D., Assoc.  
Prof., T.V. Viuk**

**PROBABILITY AND STATISTICAL METHOD FOR DETERMINING THE  
ACCURACY FOR KINEMATIC SCHEME OF GEAR OF FEED OF VERTICAL  
DRILL MACHINES**

Проаналізовано методи [1 – 3] визначення кінематичної точності механізмів подач токарних і вертикально-свердильних верстатів (ВСВ).

Відзначено, що при визначенні значень подач і їх характеристик за відомими методами з врахуванням, встановлених відповідно до подач, частот обертання шпинделя не враховувалась точність як рейкової шестерні, особливо накопичена кінематична похибка, так і самої рейки, що безперечно вносить певні похибки у отримувані результати і знижує достовірність результатів.

Суть запропонованого методу полягає у наступному. Встановлюють, шляхом введення в зачеплення відповідних елементів кінематичного ланцюга, задане паспортне значення подачі. Наприклад, для ВСВ моделі 2Н118 –  $S_p=0,1$  мм/об. На стіл ВСВ встановлюють сферометр з точністю поділки 0,001 мм. В зачепленнях кінематичних ланцюгів головного руху і руху подачі вибирають зазори [1, 2]. Повертають вал електродвигуна ВСВ на певний кут, так щоб шпиндель здійснив один оберт, а кінематично зв'язана з ним піноль певне переміщення  $L_1$ , величина якого за фіксується сферометром і ця величина буде подачею на один оберт  $S_1$ . здійснюють другий оберт шпинделя і визначають по шкалі сферометра сумарне переміщення за два оберти шпинделя  $L_c$  від якого віднімають попереднє  $L_1$  і визначають друге значення подачі  $S_2$ . повторюючи такі прийоми, ще вісім разів отримують вибірку обсягом із 10-и спостережень значень подач. Використовують залежності отримані методом ітерацій [2 – 4], створених на основі методу прямокутних вкладів з теорії малої вибірки [2 – 4] для визначення математичного сподівання та дисперсії

$$M(S) = \frac{a+b}{2} \prod_{k=1}^n c_k + \sum_{k=1}^n \prod_{i=k}^n c_i \left( \frac{\sigma}{\sqrt{2\pi}} \left( e^{-\frac{z_{1k}^2}{2}} - e^{-\frac{z_{2k}^2}{2}} \right) + s_k \left[ \Phi(z_{2k}) - \Phi(z_{1k}) \right] \right),$$

$$D(S) = \frac{a^2 + a \cdot b + b^2}{3} \prod_{k=1}^n c_k + \sum_{k=1}^n \prod_{i=k}^n c_i \left( \frac{\sigma}{\sqrt{2\pi}} \cdot \left( \sigma \cdot z_{1k} + 2s_k \right) \cdot e^{-\frac{z_{1k}^2}{2}} - \right.$$



$$\left. \begin{aligned} & -\left(\sigma \cdot z_{2k} + 2s_k\right) \cdot e^{-\frac{z_{2k}^2}{2}} + \left(\sigma^2 + s_{pk}^2\right) \cdot \left[\Phi\left(z_{2k}\right) - \Phi\left(z_{1k}\right)\right] \end{aligned} \right\} - M^2(S),$$

де  $z_{1k} = \frac{a-s_k}{\sigma}$ ,  $z_{2k} = \frac{b-s_k}{\sigma}$ ,  $[a; b]$  – проміжок зміни значень величини  $S$ ,  $\sigma$  – середньоквадратичне відхилення величини  $s_k$ .

Формула для обчислення сталих  $c_k$  має вигляд

$$c_k = \frac{1}{1 + \Phi\left(\frac{b-s_1}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{a-s_1}{\sigma}\right)}.$$

За вище наведеними залежностями визначають вибіркоче математичне сподівання  $M_I(S)$  і дисперсію  $D_I(S)$  першої серії експериментів.

Враховано, що при такій подачі ( $S_n=0,1$  мм/об) за 10 обертів шпинделя піноль переміститься на величину  $L_1 = \sum_{i=1}^{10} S_i$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, 10$ ), що складе якусь долю довжини

ділильного кола  $L_{\partial.к.}$  рейкової шестерні  $L_1 = K \cdot L_k = K \cdot \pi \cdot m \cdot z$  (тут  $m$  і  $z$  – відповідного модуль і число зубів рейкової шестерні, для ВСВ 2Н118  $K=0,01 - 0,06$ ).

Запропоновано, для врахування точності рейкової шестерні і самої рейки, такі вимірювання здійснювати ще 9 разів, через певний кут повороту цієї шестерні  $\Theta = 0,2 \cdot \pi$  (рад.), тобто на ділянках рівномірно розміщених по всій довжині ходу пінолі.

В результаті отримують 10 значень математичних сподівань  $M_I(S_i)$ ,  $M_2(S_i)$ , ...,  $M_9(S_i)$ ,  $M_{10}(S_i)$  і дисперсій  $D_I(S_i)$ ,  $D_2(S_i)$ , ...,  $D_9(S_i)$ ,  $D_{10}(S_i)$ , які приймають як випадкові величини з нормальним законом розподілу і за залежностями поданими в [3, 4] визначають узагальнені значення  $M(S_i)$  і  $D(S_i)$  для даного кінематичного ланцюга.

Змінивши  $S_{1n}$  на наступну  $S_{2n}$  за паспортом ВСВ наприклад, 2Н118 подачу, тобто встановивши  $S_{2n}=0,14$  мм/об і повторивши аналогічно вище описаному, отримують значення  $M(S_2)$  і  $D(S_2)$ , які за критеріями Стюдента і Фішера перевіряють на істотність відмінності за середніми значеннями і дисперсіями суміжних статистичних рядів подач. Запропонований метод дає можливість отримати достовірні характеристики розсіювання подач, на основі якого можна виявити значні поля розсіювання і оцінити точність ВСВ за чим параметром з різними степенями їх спрацювання.

#### **Література**

1. Кобельник В. Р. Методика дослідження кінематичної точності механізму подач вертикально-свердильних верстатів на прикладі верстата моделі 2Н118 / В. Р. Кобельник, П. Д. Кривий // Процеси механічної обробки в машинобудуванні : зб. наук. праць. – Житомир : ЖДТУ, 2010. – Вип. 8. – С. 99 – 108.

2. Кобельник В.Р. Підвищення ефективності процесу свердління наскрізних отворів регулюванням подачі : дис. канд. техн. наук : 05.03.01. / Кобельник Володимир Романович; Терноп. нац. техн. ун-т ім. Івана Пулюя. - Т., 2013. - 21 с.

3. Вплив випадковості подачі на висоту мікронерівностей поверхні при її точінні або розточуванні / [П. Кривий, Н. Тимошенко, М. Шарик, В. Крупа] // Львів : Машинознавство. – 2013. – № 9 - 10 (195-196). – С. 76-83.

4. Статистичне оцінювання міцності пресових з'єднань приводних роликів ланцюгів закордонних фірм на основі теорії малих вибірок / [П. Кривий, Н. Тимошенко, В. Коломієць, Р. Чорний] // Вісник Тернопільського національного технічного університету. – 2013. – № 2 (70). – С. 121-129.

**УДК 621.9.62**

**В.В. Крупа канд. техн. наук, Т.А. Бега**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО МЕХАНІЗМУ ЗАТИСКУ  
ІНСТРУМЕНТУ ВЕРТИКАЛЬНО-ФРЕЗЕРНОГО ВЕРСТАТА**

**V.V. Krupa Ph.D., T.A. Beha**

**THE RESEARCH OF ELECTROMECHANICAL CLAMPING TOOL MECHANISM  
OF VERTICAL MILLING MACHINE TOOLS**

Проведено аналіз механізмів затиску шпинделів фрезерних верстатів. Встановлено, що найбільш поширеними та використовуваними є гідравлічні та пневматичні системи, при яких затиск здійснюється, як правило, з допомогою пакетів тарільчастих пружин, а розтиск – з допомогою гідро- або пневмоприводу. Із зростанням швидкостей різання, зростають і відцентрові сили, що в свою чергу вимагає підвищення надійності затиску. Внаслідок аналізу тенденцій розвитку механізмів затиску встановлено, що одним із напрямів вдосконалення механізмів затиску верстатів є зменшення витрат енергії на процес затиску [1]. Одними з найбільш економічних і безпечних є приводи затиску у яких замикання силового контуру відбувається шляхом самогальмуванням, оскільки після досягнення необхідного зусилля затиску вони відключаються від джерела живлення і підтримують зусилля затиску навіть при аварійній втраті живлення верстата [2,3]. Обґрунтовано доцільність і переваги використання електромеханічних приводів затиску та самогальмуючих передач в конструкціях затискних механізмів вертикально-фрезерних верстатів. Розроблено структурну схему затискного механізму, що складається з джерела енергії, комутатора, електродвигуна, самогальмуючої передачі (гвинт-гайка ковзання), та затискного механізму (багатопелюсткової цанги) для затягування та затиску шомпола допоміжного інструменту. Запропоновано принципову схему механізму. Представлено створену конструкцію електромеханічного привода затискного механізму. Для запропонованої конструкції та підібрано двигун. Особливостями роботи електродвигуна у складі приводу затиску є: 1) пуск двигуна; 2) повторно-короткочасний режим роботи – двигун вмикається лише на період затиску чи розтиску; 3) вимикання електродвигуна. Здійснено розрахунки необхідних сил затиску, а також сили затягування. Проведено підбір та розрахунок передачі гвинт-гайка, а також інших елементів. Розроблено 3-D модель механізму затиску та методом кінцевих елементів проведено його силовий аналіз. Результати проведених досліджень роботи затискного механізму запропонованої конструкції створюють передумови для підвищення ефективності їх проектування, розширення сфери застосування та більш повного використання можливостей.

**Література**

1. Кузнецов Ю.Н., Волошин В.Н., Неделчева П.М., Эль-Дахаби Ф. В. Зажимные механизмы для высокопроизводительной и высокоточной обработки резанием. Монография. В 2х частях. Ч.2 – Конструкции, расчеты и исследования зажимных механизмов. / Под ред. Ю.Н. Кузнецова. – К.: ООО "ЗМОК" – ООО "Гнозис", 2010. – 466с.
2. Кузнецов Ю.М. Аналіз процесу затиску-розтиску тіл обертання в затискному механізмі з електромеханічним приводом / кузнецов ю.м., придальний Б.І. // Вісник ХНТУ. - №4(55), - 2015 р. – С. 48-56.
3. Недобой В.А. Шпиндельний вузол з затискним механізмом / В.А. Недобой // Вісник НТУ «ХП». 2015. №49(1158). – С. 99-103

УДК 624.012.25

Ю.І. Пиндус канд. техн. наук, доц., О.П. Конончук канд. техн. наук,  
А.Б. Ковбасник, І.В. Кузик, А.І. Красовський

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ПРОГРАМНИХ КОМПЛЕКСІВ ПРИ ВИВЧЕННІ РОБОТИ ПІДСИЛЕНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

Y.I. Pyndus Ph.D., Assoc. Prof., A.P. Kononchuk Ph.D., A.B. Kovbasnyk, I.V. Kuzyk,  
A.I. Krasovkii

### APPLICATION OF COMPUTER AIDED DESIGN COMPLEXES FOR THE STUDY OF RC STRUCTURES

В останні роки у світовій практиці проведення наукових досліджень все частіше розширюється за рахунок застосування комп'ютерного моделювання, що викликає велику зацікавленість до можливостей які можна досягти за допомогою методу скінченних елементів. З розвитком потужної комп'ютерної техніки та обчислювальних скінченноелементних комплексів типу ABAQUS та ANSYS дослідники отримали змогу у сукупності з експериментальними дослідженнями проводити чисельне моделювання поведінки складних залізобетонних конструкцій, зокрема підсилені полімерними композитними матеріалами.

Зважаючи на світові тенденції до активного застосування комп'ютерного моделювання при проектуванні та експлуатації конструкцій та будівель в цілому, застосування методу скінченних елементів при розробці, дослідженні та впровадженні в виробництво нових методів підсилення залізобетонних конструкцій дозволить значно спростити процес та зекономити час і кошти на реалізацію поставлених задач. Метою даних досліджень є чисельне моделювання роботи та оцінка міцнісних характеристик повномасштабних згинальних залізобетонних елементів до та після їх підсилення композитними матеріалами за дії на них різних видів зовнішнього навантаження.

Повномасштабні тривимірні моделі підсилені вуглепластиковим полотном Sika Wrap залізобетонних балок створювали з використанням скінченноелементного програмного комплексу ANSYS. Модель підсиленої залізобетонної балки виконаної в ПК ANSYS наведена на рис. 1.

Щоб якомога точніше відтворити роботу натурних зразків, в скінченноелементну модель закладали експериментальні діаграми деформування бетону на стиск та коефіцієнти подані в табл. 1.

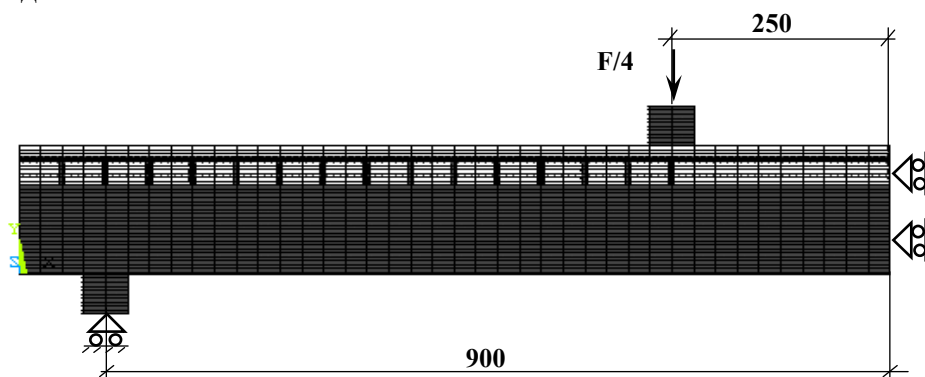


Рисунок 1. Схема навантаження СЕ моделі підсиленої залізобетонної балки  
Таблиця 1. Міцнісні характеристики бетону для скінченноелементного моделювання

Назва параметрів	Величина параметрів
Модуль пружності $E_0$ , МПа	$23,95 \times 10^3$
Розрахункове значення міцності бетону на стиск $f_{cd}$ , МПа	24,31
Розрахункове значення міцності бетону на розтяг $f_{ct}$ , МПа	2,8
Коефіцієнт Пуассона $\nu$	0,2
Open shear transfer coefficient ( $\beta_t$ ).	0,2
Closed shear transfer coefficient ( $\beta_c$ ).	1

Програмно моделювали ступінчасте навантаження балки з кроком 1 кН×м (відповідно до експериментальних досліджень). Результати моделювання прогинів залізобетонної балки, підсиленої вуглепластиковим полотном Sika Wrap подано на рис. 2.

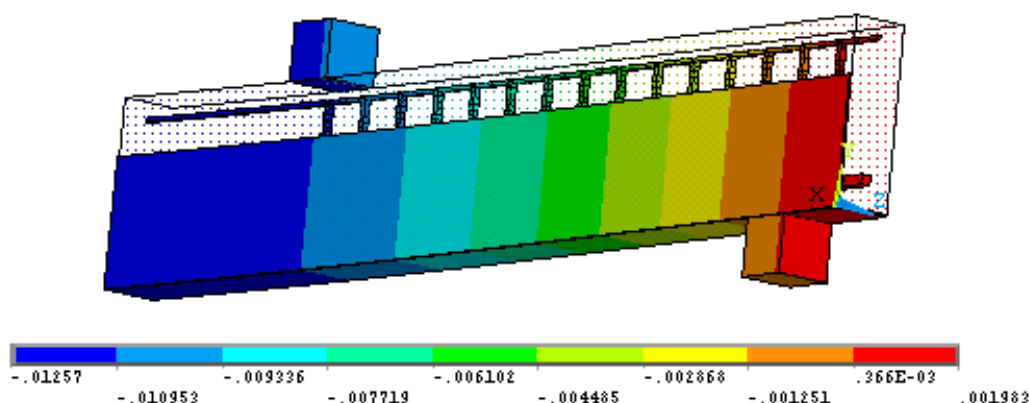


Рисунок 2. Поля прогину балки підсиленої вуглецевим полотном при згинальному моменті  $M=13,1$  кН×м, який передуює руйнуванню

Застосування чисельного моделювання роботи згинальних залізобетонних елементів до та після їх підсилення вуглепластиковими матеріалами показало ефективність даного методу. Задовільне узгодження експериментальних даних з теоретичними свідчить про можливість його використання для моделювання конструкцій такого типу.

#### Література

1. Борисюк О.П. Напружено-деформований стан нормальних перерізів згинальних залізобетонних елементів, підсилених вуглепластиками за дії малоциклового навантаження / О.П. Борисюк, О.П. Конончук // Монографія. – Рівне: НУВГП, 2014. – 136 с.
2. D. Kachlakev. Finite Element Modelling of Reinforced Concrete Structures Strengthening with FRP Laminates / D. Kachlakev, T. Miller, S. Yim, K. Chansawat, T. Potisuk. Special Report SP316, Oregon Department Of Transportation, USA, May 2001. 113 p.
3. Пиндус Ю.І. Скінченноелементне моделювання підсилення згинальних залізобетонних конструкцій вуглепластиковою стрічкою / Ю.І. Пиндус, О.П. Конончук // Ресурсо-економні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. пр. – Рівне: НУВГП, 2014. – Вип. 29. – С. 621 – 629.
4. Пиндус Ю.І. Дослідження підсилених вуглецевим полотном згинальних залізобетонних конструкцій із застосуванням методу скінченних елементів / Ю.І. Пиндус, О.П. Конончук // Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. збірник – К., КНУБА, 2014. – Вип. 54. – С. 282 – 290.

УДК 621.326

Д.Б. Кузик, В.В. Петрук, О.О. Щіпський, канд. фіз.-мат.наук, доц.,  
І.М. Зелінський

## ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ЦЕНТРА ВАГИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ ОПТИЧНИХ МАРОК

D.B. Kuzik, V.V. Petruk, O.O. Shchipsky, Ph.D., Assoc.Prof. I.M. Zelinsky  
METHOD FOR DETERMINATION COORDINATES OF THE OPTICAL  
MARKS

Цифрові реєстратори зображень ( фотоматриці ) отримали широке застосування у вимірювальній техніці, зокрема при фотографуванні оптичних марок. За їх участю здійснюють як саме фотографування так і визначення координат марок у вікні фотоматриці. Недоліком теперішніх недорогих фотоматриць являється адитивний шум, що займає всю площу вікна фотоматриці та накладається на саме зображення. Як результат маємо труднощі у застосування математичних методів при визначенні координат марок, зокрема методу центра ваги.

У доповіді, шляхом математичного моделювання, аналізується негативний вплив шумів матриці на точність вимірювань координат марок та способи його подолання. В процесі моделювання приймалось, що розподіл інтенсивності марки в вікні фотоматриці, вісесиметричний ( гаусовий ), а розподіл шуму мав випадковий характер з амплітудою в межах 7% від амплітуди корисного сигналу.

Координати X,Y зображення марок, згідно методу центра ваги, визначають по формулі [1]:

$$X = \frac{x_1 m_1 + x_2 m_2 + \dots + x_n m_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i m_i}{\sum_{i=1}^n m_i},$$
$$Y = \frac{y_1 m_1 + y_2 m_2 + \dots + y_n m_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i m_i}{\sum_{i=1}^n m_i}.$$

де  $x_i, y_i$  - нумерація пікселів зображення по вісям X,Y фотоматриці ;  $m_i$  - відповідні значення інтенсивності пікселів .

Моделювання та визначення координат марок проводилось як при відсутності шумів матриці так і при їх наявності. Порівняння результатів обрахунків вказують, що при наявності шумів похибки обрахування координат марок складають ~26 %. Така низька точність методу центра ваги зумовлена тим, що метод враховує як статичні моменти ваги зображення марок так і статичні моменти ваги шуму по всій площині моделі матриці. Для зменшення впливу шумів на результат обрахунків проводилась попередня цифрова обробка зображення марок. Її суть полягала в обнуленні амплітуди шумів по всій площині матриці , окрім області поблизу максимуму зображення марок. В результаті похибки визначення координат зменшились до величини ~0.04%. Для зменшення впливу шумів в області самого зображення марок проводилось усереднення шумів в часі шляхом багаторазової генерації випадкового шуму та накладання його на зображення марок. Така процедура дозволила зменшити похибку визначення координат марок до ~0.005%.

### Література

1. Опір матеріалів. Підручник./ Г.С.Писаренко, О.Л. Квітка, У.С. Уманський.  
За ред.Г.С. Писаренка.-К.: Вища школа. 1993.-665 с.

**УДК 669.539**

**В.А. Кукурудза, В.Г. Бучинський, В.П. Олексюк канд. техн. наук, доц.**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ПЕРСПЕКТИВНІ КОНСТРУКЦІЇ ОЧИСНИХ ВАЛЬЦІВ МАШИН ДЛЯ ЗБИРАННЯ КУКУРУДЗИ**

**V.A. Kukurudza, V.G. Buchyns'kyu, V.P. Oleksyuk Ph.D., Assoc. Prof.**  
**PROMISING DESIGNS OF CLEANING ROLLERS FOR CORN HARVESTING  
MACHINES**

Для отримання якісного очищення качанів кукурудзи при забезпеченні високої продуктивності, при проектуванні кукурудзозбиральних машин необхідним є вибір найбільш досконалої конструкції очисного апарату і притискного пристрою до нього, який найбільш ефективно поєднується з вибраною конструкцією качановідділяючого апарату. Якість і степінь очищення качанів від обгорток качаноочисними пристроями залежить від багатьох факторів: від довжини і кількості пар очисних вальців, кута нахилу їх до горизонту, частоти обертання активності робочих поверхонь вальців і їх діаметру, взаємним розміщенням вальців в очисному апараті, рівномірності завантаження очисних вальців ворохом качанів і самим станом вороху.

Великий вплив також чинить вологість качанів і обгорток, вміст у вороху листостебельних домішок, наявність у ньому вже очищених (в процесі відриву) качанів, і головним чином, розпушеність обгорток на качанах. Профіль і матеріал робочої поверхні вальців визначає їх активність, тобто здатність розпушити, захопити і відірвати обгортки з качана. Із збільшенням активності вальців степінь очищення качанів збільшується, однак зростає і степінь викришування зерна із качанів.

Очисні вальці, виготовлені із матеріалів, які володіють більш високим коефіцієнтом тертя між вальцем і качаном, забезпечують більш високу степінь очищення, однак дають більш високе викришування зерна.

У вітчизняних очисних апаратах кукурудзозбиральних комбайнів застосовують поєднання двох прорезинених очисних вальців та двох металевих вальців.

Прорезинені вальці погано відривають плодоніжку внаслідок еластичності резины. Захоплені і затримані у вальцях не відірвані від качанів плодоніжки, проковзуючи у вальцях, інтенсивно зношують їх поверхні, затримують просування качанів по каналу і викликають забивання апарату. Степінь очищення в такого варіанту вальців є високою, однак через еластичність резинових поверхонь вальців відбувається інтенсивне викришування зерна.

Поєднання двох металевих вальців забезпечує прекрасний відрив навіть довгих плодоніжок, однак очищення качанів у цьому випадку менш якісне.

На основі міркувань викладених вище та аналізу зарубіжних зразків кукурудзозбиральної техніки, пропонуємо в очисних апаратах застосовувати поєднання пари вальців – чавунного з гвинтовими ребордами і прорезиненого з рифленою поверхнею.

При такому поєднанні, внаслідок наявності різних коефіцієнтів тертя качана по металевій і резиновій поверхнях вальців, качан при русі вздовж каналу буде здійснювати обертовий рух навколо своєї осі, що покращить умови захоплення обгорток із усіх сторін качана.

В такому випадку більшість плодоніжок будуть відриватися вальцями разом із обгортками, забезпечуючи високу якість та степінь очищення качанів кукурудзи.

**УДК 535.2:616-71**

**О. І. Купрій**

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

## **КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ БІОМЕДИЧНИХ ФОТОМЕТРІВ ДЛЯ НЕІНВАЗИВНОГО КОНТРОЛЮ ГЛЮКОЗИ**

**O.I. Kuprii**

### **CONSTRUCTIVE FEATURES OF BIOMEDICAL PHOTOMETERS FOR NON- INVASIVE GLUCOSE CONTROL**

Проблема цукрового діабету дуже гостро стоїть в сучасному суспільстві, а значить є необхідність у створенні приладів для контролю глюкози. Більшість сучасних приладів використовують інвазивний принцип діагностики, але для зручності можливе створення пристроїв, в основу роботи яких покладено неінвазивний метод визначення концентрації. Неінвазивний підхід до проведення дослідження дає змогу відмовитися від найбільшого дискомфорту при проведенні інвазивного дослідження, а саме механічного пошкодження шкіри.

На сьогоднішній день існують такі типи глюкометрів:

- фотометричні; рівень глюкози в крові людини визначається в залежності від забарвлення тест-зони. Забарвлення виникає як реакція глюкози і спеціальної речовини, яка нанесена на тест-смужку. Технологія цих приладів, розроблених досить давно, вже застаріла.
- електромеханічні; показник рівня цукру вимірюється величиною струму. Вона з'являється при взаємодії глюкози і спеціальних речовин в тест-смужках. Це нові покоління приладів, покази глюкометру цього типу будуть точніше, ніж попереднього. Ці прилади схильні до мінімального впливу зовнішніх факторів. Зазвичай в таких приладах йде калібрування по плазмі [1].

Найбільш використовуваними оптичними методами в неінвазивній діагностиці наявності цукру в крові є Раман-спектроскопія (комбінаційне розсіяння світла) і спектроскопія ближньої інфрачервоної області. Також існує спектроскопія середньої і дальньої інфрачервоної області, терагерцова спектроскопія, а також оптоакустичні методи контролю рівня цукру з крові [2].

В основі Раман-спектроскопії лежить непружне розсіяння оптичного випромінювання на молекулах речовини. Даний метод передбачає конструктивне використання таких елементів: смуговий фільтр, який пропускає необхідну смугу хвиль для дослідження, а також смугово-загороджуючий фільтр, який виділяє зі смуги хвиль необхідну довжину, на якій можливо вловити наявність глюкози в крові [3].

Використання саме цього оптичного методу при розробці приладу для неінвазивної діагностики наявності глюкози в крові дає змогу з більшою точністю отримувати результат, який не буде поступатися результатам, які дають інвазивні методи для даного типу дослідження.

Раман-спектроскопія використовується для неінвазивного моніторингу глюкози в крові і є найбільш перспективним методом завдяки високій хімічній стабільності, глибиною проникнення, а також кількості розроблених методів кількісного аналізу даних. Раманівські спектри містять інформацію про зміну енергетичних рівнів молекули під впливом лазерного випромінювання. Різниця в довжині хвилі залежить від питомої

енергії хімічних зв'язків. Це дає набір характеристичних піків у спектрі, який є «відображенням» цієї специфічної хімічної речовини [4].

На основі розглянутих вище методів, зокрема спектроскопії комбінаційного розсіяння, запропоновано технічне рішення пристрою для визначення концентрації глюкози в крові з використанням принципів фотометрії еліпсоїдальним рефлекторами [5,6]. Функціональна схема неінвазивного глюкометра показана на рис. 1.

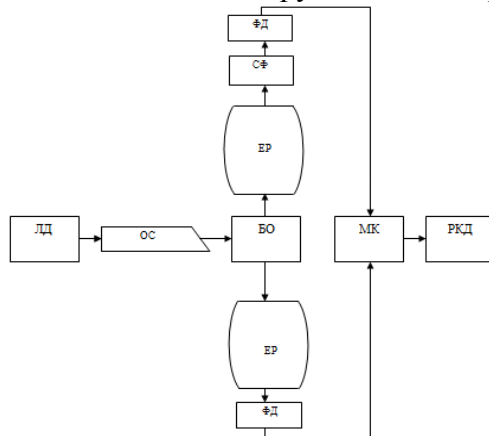


Рис. 1. Функціональна схема неінвазивного глюкометра з еліпсоїдальними рефлекторами: ЛД – лазерний діод; ОС – оптична система; БО – біологічний об'єкт; ЕР – еліпсоїдальний рефlector; СФ – смуговий оптичний фільтр; ФД – фотодетектор; МК – мікроконтролер; РКД – рідко-кристалічний дисплей

Розробка приладу з використанням запропонованого оптичного методу і даним типом конструкції дає змогу проводити неінвазивну діагностику наявності глюкози в крові з високою точністю.

### **Література**

1. Мезенцева М. А. Неинвазивные методы измерения сахара в крови / М. А. Мезенцева, Т. А. Букрина // Информационно-измерительная техника и технологии : материалы VI научно-практической конференции, Томск, 27-30 мая 2015 г. — Томск : Изд-во ТПУ, 2015. — [С. 77-82].
2. Kuprii, A. I. To the non-invasive optical control of glucose level / A. I. Kuprii // Новые направления развития приборостроения : материалы 10-й международной научно-технической конференции молодых ученых и студентов, Минск, 26–28 апреля 2017 г. : в 2 т. / Белорусский национальный технический университет ; редкол.: О. К. Гусев [и др.]. – Минск, 2017. – Т. 1. - С. 165.
3. Akshara Subramanian. Non Invasive Glucose Measurement Using Raman Spectroscopy / Akshara Subramanian, Shreya Adap, Shruti Chawale, Sonali Singh, Prathibha Sudhakaran // International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET). - Volume: 04 Issue: 03. - Mar -2017
4. Wróbel M.S. Non-invasive blood glucose monitoring with Raman spectroscopy: prospects for device miniaturization / M. S. Wróbel // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.- 2016.- Vol. 104
5. Bezuglyi, M.A., Botvinovskii, D.V., Zubarev V.V., Kotsur Y.A., "Method of photometric mirror ellipsoid of revolution for research of roughness of surface," Methods and devices of control of quality, 27, 77-83 (2011).
6. Безуглый М.А. Обработка изображений при эллипсоидальной фотометрии / Безуглый М.А., Безуглая Н.В., Самияк А.Б. // Приборы и методы измерений. 2016; 7 (1): 67-76.



УДК 69

Р.О. Куцин

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **МІЦНІСТЬ СТАЛЕБЕТОННИХ БАЛОК, АРМОВАНИХ РОБОЧОЮ ПОЗДОВЖНЬОЮ АРМАТУРОЮ**

R.O. Kutsyn

### **DURABILITY OF STEEL CONCRETE SURFACES OF WORKED LONGITUDE ARMATURE**

Актуальність досліджень міцності сталобетонних балок зумовлена тим, що такі балки застосовуються у сучасному будівництві в якості несучих елементів і їх міцність визначає міцність будови чи споруди в цілому. Їх виготовлення можливе як у заводських стаціонарних умовах, так і безпосередньо на будівельному майданчику. При цьому на міцність балок впливає багато суб'єктивних чинників (марка цементу, пропорції компонентів в бетонній суміші, якість заповнювачів, наявність добавок таких як пластифікатори, протиморозні добавки, спосіб укладання і ущільнення бетонної суміші, діаметр, кількість та схема розміщення арматури (рис. 1), матеріал арматурних стержнів, умови затвердіння бетонної суміші тощо). За таких багатопараметричних впливів важко отримати проектні показники міцності, використовуючи класичні методики розрахунку.

За умов промислового виготовлення таких балок на комбінатах будіндустрії найточніші результати по отриманню проектної міцності сталобетонних балок виявляють натурним експериментом на спеціальних силових випробувальних стендах (рис. 2).

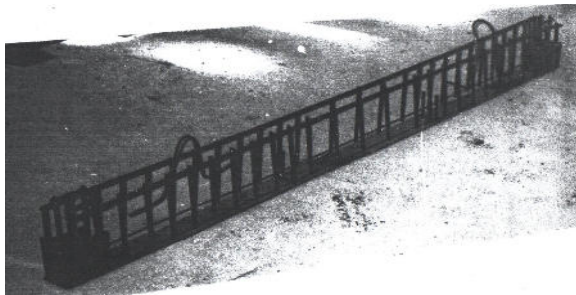


Рисунок 1. Арматурний каркас дослідних зрізів балок



Рисунок 2. Стенд для натурних випробувань залізобетонних балок

Для умов виготовлення балок на будівельному майданчикові високу точність дають результати комп'ютерного моделюючого експерименту з використанням сучасних прикладних програмних пакетів ЛИРА, ANSYS та ін. Можливість виконувати багатопараметричне моделювання, яке включає різні фактори впливу, суттєво скорочує час при проектуванні сталобетонних балок та при перевірочних розрахунках готових конструкцій. Алгоритмічно прикладні програмні пакети базуються на методі скінченних елементів.

Верифікація результатів досліджень при порівнянні деформаційних показників балки, отриманих для одного і того ж зразка комп'ютерним моделюючим і натурним силовим експериментами, виявляється на рівні 88...94%, що є цілком достатнім для такого типу конструкцій.

#### **Література**

1. ДБН В.2.6 – 98 І 2009. Бетонні та залізобетонні конструкції, 2009. – 19 с.
2. Містобудування: Довідник проектувальника / за ред. Т.Ф.Панченко. – К.: Укрархбудінформ, 2001. - 192 с.; 2-е вид. доп. – К.: Укрархбудінформ, 2006. – 190 с.

УДК 631.313.6

М.Б. Клендій, канд. техн. наук, доц., В.А. Куждеба

ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут», Україна

## ГВИНТОВІ РОБОЧІ ОРГАНИ ГРУНТООБРОБНИХ ЗНАРЯДЬ

M.B. Klendii, Ph.D., V.A. Kughdeba

### SINGLE WORKING ORGANS OF GROUNDWATER EQUIPMENT

Для обертання і кришіння ґрунту, перерізання поживних решток, перемішування їх із ґрунтом використовуються сферичні ґрунтообробні диски [1-3]. Від відстані між дисками, їх конструктивними параметрами та кутами установки залежить форма профілю обробленої смуги ґрунту та висота гребенів. Диск встановлюють так, щоб між площиною розташування леза (крайки диска) і напрямом руху агрегату був певний кут атаки. Для покращення перемішування диск відхиляють ще і від вертикального напрямку, тому кожен диск має індивідуальне кріплення осі обертання до рами. Якщо застосувати гвинтову поверхню, то можна очікувати аналогічні результати роботи, однак її можна кріпити на спільному валу, подібно батареї дисків лушильника.

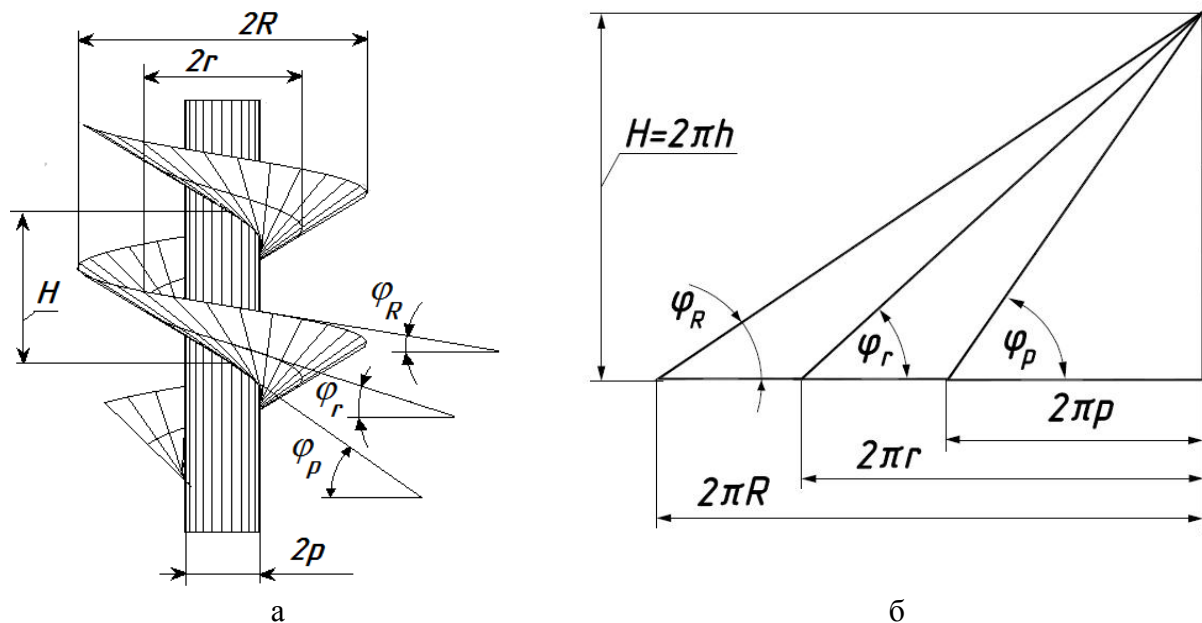


Рисунок 1. Фронтальна проекція гвинтової розгортної поверхні із циліндричним валом та розгортки деяких її гвинтових ліній

Гвинтову поверхню можна виготовити розтягуванням плоского кільця вздовж осі вала (рис. 1,а). Максимальний крок  $H$  утвориться тоді, коли прямолінійні твірні, вздовж яких відбувається згинання, стануть дотичними до гвинтової лінії на циліндрі радіуса  $p$ . Ця лінія називається ребром звороту і має сталий кут підйому  $\varphi_p$ . Всі прямолінійні твірні поверхні нахилені під цим кутом до площини, перпендикулярної осі поверхні. Інші гвинтові лінії поверхні мають інший кут підйому, причому він зменшується по мірі збільшення радіуса, на якому розташована гвинтова лінія. Можна встановити взаємозв'язок між цими параметрами.

Параметричні рівняння гвинтової поверхні, яку ще називають розгортним гелікоїдом, запишуться:

$$\begin{aligned} X &= p \cos t - u \cos \phi_p \sin t; \\ Y &= p \sin t + u \cos \phi_p \cos t; \\ Z &= ht + u \sin \phi_p, \end{aligned} \quad (1)$$

де  $t$ ,  $u$  – змінні параметри поверхні, причому  $t$  – кут повороту точки навколо осі поверхні при її русі до поточної точки на гвинтовій лінії, яка розташована на циліндрі радіуса  $p$ ;  $u$  – довжина прямолінійної твірної від поточної точки на гвинтовій лінії до точки на поверхні;  $h$  – гвинтовий параметр – стала величина. При повороті точки на один повний оберт, тобто на  $2\pi p$  вона одночасно піднімається вздовж осі поверхні на відстань  $H=2\pi h$  – одного кроку поверхні. На розгортках циліндрів в межах одного кроку поверхні гвинтові лінії перетворюються в прями – гіпотенузи відповідних трикутників (рис. 1,б). З них знаходимо значення кута підйому  $\varphi$  для кожної гвинтової лінії. Зокрема, для ребра звороту  $\operatorname{tg}\varphi_p=h/p$ . Зазвичай гвинтову поверхню описують рівняннями (1) із вертикальним розташуванням її осі, як показано на рис. 1,а. Якщо таку поверхню із валом покласти на ґрунт і тягнути вздовж осі вала так, щоб вона врізалася в нього, то робочим органом така конструкція бути не може, тому що ґрунт заб'ється між поверхнею і валом, вона не обертається і працювати буде тільки передній виток. Очевидно, що поверхню потрібно повернути так, щоб її вісь складала певний кут із напрямом руху агрегату. Якщо за напрям руху агрегату взяти вісь  $Y$ , то параметричні рівняння поверхні (1) приймають вигляд:

$$\begin{aligned} X &= (p \sin t + u \cos \phi_p \cos t) \sin \beta + (ht + u \sin \phi_p) \cos \beta; \\ Y &= (p \sin t + u \cos \phi_p \cos t) \cos \beta - (ht + u \sin \phi_p) \sin \beta; \\ Z &= p \cos t - u \cos \phi_p \sin t. \end{aligned} \quad (2)$$

Кут  $\beta$  в даному випадку є кутом між віссю поверхні із валом і напрямом, перпендикулярним до напрямку  $V$  руху агрегату. При  $\beta=0$  можливе перекочування такої конструкції без занурення зовнішньої кромки гвинтової поверхні в ґрунт. При  $\beta=90^\circ$  занурення буде, але не буде перекочування. Потрібно обґрунтувати прийнятне значення кута  $\beta$  та конструктивних параметрів поверхні для її нормальної роботи. Занурення такої конструкції в ґрунт можливе аж до вала, тобто вал теж буде робочою поверхнею, яка взаємодіє із ґрунтом. Досліди показали, що між валом і поверхнею набивається ґрунт і така конструкція не працює. Щоб цього не відбувалося, можна зменшити глибину занурення гвинтової поверхні в ґрунт, обмеживши її циліндричним валом більшого діаметра. Крім того, циліндр потрібно виготовити із прутків таким чином, щоб він відіграв роль котка.

### **Література**

1. Стрельбицкий В.Ф. Дисковые почвообрабатывающие машины / В.Ф. Стрельбицкий. - М.: Машиностроение, 1978. – 218 с.
2. Циммерман М. З. Рабочие органы почвообрабатывающих машин / М.З. Циммерман. - М.: Машиностроение, 1978. - 162 с.
3. Нартов П.С. Дисковые почвообрабатывающие орудия / П.С. Нартов. – Воронеж: Издательство ВГУ, 1972. – 158 с.
4. Аналітична модель установки ґрунтообробних сферичних дисків для визначення геометричних та технологічних характеристик / М.Б. Клендій, С.Ф. Пилипака // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. –К., 2016. –Вип. 241. – С. 140 – 150.

УДК 631.358

М.І. Клендій

ВП НУБП України «Бережанський агротехнічний інститут», Україна

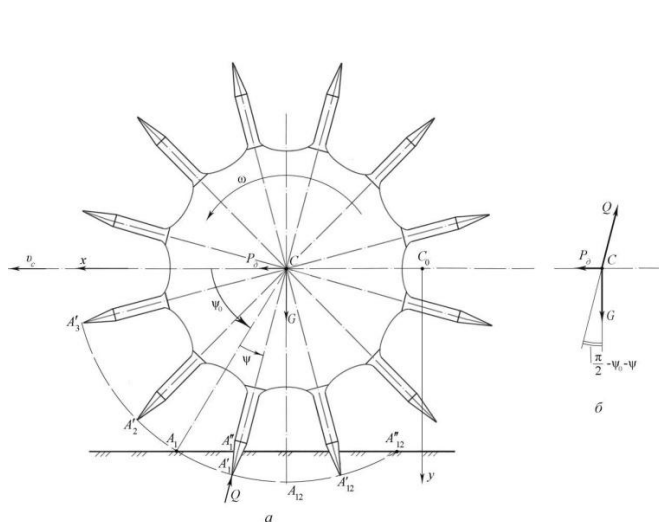
## ВЗАЄМОДІЯ ГОЛОК ГОЛЧАТОЇ БОРОНИ ПРИ РОБОТІ У ҐРУНТІ

М.І. Klendii

### INTERACTION OF THE MOLCHATE BOLOON MALE AT WORK IN THE SOIL

На диск із голками (рис. 1) по горизонталі діє рушійна сила  $P_\delta$ . Опір голки заглибленню у ґрунт визначається силою  $Q$ , яка спрямована по осі голки до центру обертання  $C$ .

Прийmemo на рис. 1, *a* нерухому систему координат  $xC_0y$  з початком у точці  $C_0$  (центр диска в початковому положенні). Вісь  $C_0x$  направимо по горизонталі вліво із центра  $C_0$  в напрямку руху борони, а вісь  $C_0y$  – вниз. На рис. 1, *б* наведено сили, що діють на центр  $C$  диска борони. Тоді, відповідно до законів плоско паралельного руху твердого тіла, можна скласти наступні диференціальні рівняння руху диска борони:



$$\left. \begin{aligned} m_{\delta,z} \ddot{x}_c &= m_{\delta,z} \frac{d^2 x_c}{dt^2} = P_\delta - Q_x; \\ m_{\delta,z} \ddot{y}_c &= m_{\delta,z} \frac{d^2 y_c}{dt^2} = G - Q_y; \\ I_c \ddot{\psi} &= I_c \frac{d^2 \psi}{dt^2} = 0, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Рис 1. Схема руху голчатої борони (*a*) і сили, що діють на центр  $C$  диска борони (*б*)

З першого рівняння (1) з урахуванням характеру руху борони в агрегаті із трактором, що рухається рівномірно, витікає, що проекція прискорення  $x_c$  дорівнює нулю. Тоді  $x_c = v_0$ , де  $v_0$  – константа, тобто швидкість центру  $C$  борони при рівномірному русі. У другому рівнянні (1)  $y_c = 0$ , тому

що проекція прискорення точки  $C$  на вісь  $y$  дорівнює нулю (центр  $C$  не рухається по вертикалі). У третьому рівнянні (1) кутове прискорення  $\psi = 0$ , а кутова швидкість  $\dot{\psi}$  дорівнює  $\omega$  і має постійне значення. Через це із трьох рівнянь (1) залишаються наступні два рівняння статички:

$$P_\delta - Q_x = 0; \quad G - Q_y = 0 \quad (2)$$

Як видно з рис.1, «вихідна» голка  $A_{12}'$  обертается у зоні, де проколювання ґрунту вже виконано. Вона не опирається на твердий ґрунт і сила реакції ґрунту тут мала. Через це варто вважати, що сила  $G$  давить в основному на голку  $A_1'$ , що здійснює проколювання ґрунту. Це положення тим справедливніше, чим ближче голка  $A_1'$  до виходу із зони  $A_1'A_{12}'$  (рис. 1), тобто до вертикалі  $CA_{12}$ . З рівностей (2.) враховуючи, що кут відхилення сили  $Q$  від вертикалі дорівнює  $90^\circ - \psi_0 - \psi$ , а сила  $P_\delta$  і  $G$  рівні:

$$P_\delta = Q_x = Q \sin(90^\circ - \psi_0 - \psi) = Q \cos(\psi_0 + \psi) \quad (3)$$

$$G = Q_y = Q \cos(90^\circ - \psi_0 - \psi) = Q \sin(\psi_0 + \psi) \quad (4)$$

При таких значеннях сил  $P_\delta$  і  $G$  буде виконаний прокол ґрунту. Друге рівняння вказує на важливість забезпечення необхідної маси борони, але при недостатній масі  $G$  борони

проколювання ґрунту може не відбутися. При зануренні голки в ґрунт і здійсненні його проколюванні кут  $\psi$  безперервно змінюється від  $0$  до  $90^\circ - \psi_0$  (про що вже говорилося). Кут  $\psi$  дорівнює:

$$\psi = \omega t_n, \quad (5)$$

де  $t_n$  – час повороту голки від положення  $CA_1$  до  $CA_{12}$  (рис. 1)

Із залежностей (3) і (4) видно, що прокол ґрунту відбувається одночасно спільно з діями сил  $P_\delta$  і  $G$ . Під дією сил  $G$  голка заглиблюється в ґрунт, а під дією сил  $P_\delta$  борона рухається по полю. Сила  $P_\delta$  створюються трактором, а сила  $G$  виникає завдяки маси борони.

Сила  $Q$  залежить від глибини  $\lambda$  занурення голки в ґрунт і збільшується при зануренні. Згідно дослідних даних залежність  $Q$  від  $\lambda$  близька до лінійної.

$$Q \approx k \lambda, \quad (6)$$

де  $k$  – коефіцієнт, який залежить від опору ґрунту при зануренні голки, її конусності і твердості ґрунту, визначається дослідним шляхом і вимірюється в Н/м.

Спочатку проколу глибина  $\lambda$  дорівнює нулю, а рушійна сила  $P_\delta$  також дорівнює нулю, тобто в центрі  $C$  в початковому його положенні для наступної голки рушійна сила дорівнює нулю. При заглибленні голки в ґрунт сила  $P_\delta$  буде збільшуватись, тому що збільшується глибина  $\lambda$ .

Під час закінчення проколу кут  $\psi$  дорівнює  $90^\circ - \psi_0$ , але у випадку коли прокол припинився то сила  $P_\delta$  також дорівнює  $0$ . Сила  $G$  під час роботи знаряддя міняється у відповідності (4).

Як видно із рис. 1, якщо глибину  $\lambda$  враховувати по лінії голки від поверхні  $A_1A_{12}''$  ґрунту, то дана глибина не буде строго перпендикулярна лінії  $A_1A_{12}''$ . В то й же час із зростанням кута  $\psi$  положення лінії голки наближається до вертикалі. Для аналізу цього явища застосуємо до розглянутого механізму метод обігу, тобто дамо всій системі, представленій на рис. 1,  $a$ , напрямок руху вправо зі швидкістю  $-v_C$ . Внаслідок цього характер руху голок щодо ґрунту не зміниться, але вісь  $C$  зупиниться, а диск з голками буде обертатися навколо нерухомої осі  $C$  в тому ж напрямку (з кутовою швидкістю  $\omega$ ). Ґрунт буде переміщатися вправо зі швидкістю  $-v_C$ .

Під час представлених теоретичних розрахунків і графічних побудов проведені розрахунки і на основі наведених вище даних розроблена програма на ПК у середовищі універсальної системи комп'ютерної математики Maple V визначено залежність значення рушійної сили від глибини занурення голки борони у ґрунт (рис. 2).

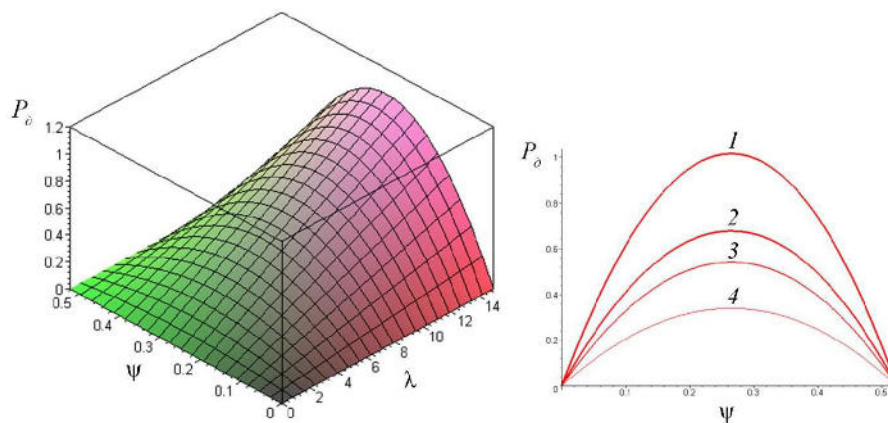


Рис. 2. Залежність рушійної сили  $P_\delta$  від поточного значення кута  $\psi$ , що характеризує положення голки під час її повороту й заглиблення в ґрунт та глибини занурення голки  $\lambda$ : 1 –  $\lambda=2$  см, 2 –  $\lambda=4$  см, 3 –  $\lambda=6$  см, 4 –  $\lambda=8$  см.

**УДК 669.539**

**А.П. Левицький, В.П. Олексюк канд. техн. наук, доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ КОНСТРУЮВАННЯ АКТИВНИХ СЕПАРУЮЧИХ ОРГАНІВ КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНИХ МАШИН**

**A.P. Levyts'kyu, V.P. Oleksyuk Ph.D., Assoc. Prof.**

### **PERSPECTIVE DIRECTIONS OF CONSTRUCTION OF ACTIVE SEPARATING BODIES OF POTATO HARVESTING MACHINES**

В практиці конструювання картоплезбиральних машин довгий час спостерігалася тенденція розробки універсального робочого органу, який під час роботи в різних умовах, при відносно простій конструкції, був би високоефективним, довговічним та не пошкоджував бульб.

Робота відомих конструкцій картоплезбиральних машин в умовах важких ґрунтів і значної вологості є незадовільною та супроводжується недостатньою сепарацією компонентів грядки, що пояснюється фізико-механічними властивостями ґрунту, які є несприятливими для здійснення сепарації.

Найбільш перспективними є пошуки та конструювання активних робочих органів для руйнування картопляної грядки на початку технологічного процесу збирання картоплі. Найефективнішими з цієї точки зору є пристрої, в яких використовується руйнування пласта зусиллями розтягу та зсуву, яке відрізняється меншою енергоємністю і нижчою пошкоджуючою дією на бульби, порівняно з іншими типами активних робочих органів. Таким чином, пошук принципово нового, ефективного способу відокремлення бульб від ґрунту є важливою і актуальною задачею, вирішення якої дозволить покращити якість роботи та продуктивність картоплезбиральних машин. На сьогоднішній день проводиться робота із питання розподілу компонентів картопляної грядки у трьох напрямках: подрібнення грудок до сепарованих розмірів, сепарація ґрунту та пошук способів автоматичного розподілу грудок та бульб з використанням їх фізико-механічних та інших властивостей. Враховуючи складність та громіздкість існуючих пристроїв для автоматичного розподілу грудок та бульб, а також їх високу вартість та невисоку продуктивність, доцільно більше уваги приділити першим двом напрямкам, тобто добиватися максимального подрібнення грудок ґрунту та відокремлення ґрунту робочими органами первинної сепарації. Розглянуті при аналізі конструкцій картоплезбиральних машин робочі органи відрізняються високою складністю, громіздкістю та наявністю великої кількості деталей. Недоліком є також те, що вони мають багато шарнірних пар, які працюють в умовах інтенсивного абразивного зношування, тому якщо їх і впровадити у виробництво, їхній ресурс та надійність будуть занадто малими, а високі витрати на ремонт та експлуатацію зроблять ці конструкції нерентабельними. Виходячи із вищесказаного, розробка принципово нових робочих органів для сепарації бульбоносної маси, які мали б просту конструкцію, невисоку енергоємність процесу та високу продуктивність є важливою і актуальною проблемою, котру в даній роботі будемо намагатися вирішити.

Таким чином, з метою підвищення продуктивності збирання картоплі, зменшення затрат праці та зниження рівня пошкоджень бульб, у даній роботі нами запропоновано конструкцію картоплекопача з активним сепаруючим органом, що враховує вищезгадані особливості процесу сепарації бульбоносної маси.

**УДК 621.9**

**І.В. Луців, докт. техн. наук, проф., І.Д. Дубецький, О.О. Цюра**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ВИКОРИСТАННЯ САМОНАЛАГОДЖУВАЛЬНОГО ВАРІАТОРА У КЕРУВАННІ ПРОЦЕСОМ ТОКАРНОЇ ОБРОБКИ З АДАПТАЦІЄЮ**

**I.V. Lutsiv, Dr., Prof., I.D. Dubetskiy, O.O. Tsiura**

### **USING OF SELF ADJUSTING VARIATOR IN THE CONTROL OF THE TURNING MACHINING PROCESS WITH ADAPTATION**

Одним із важливих напрямків підвищення якості токарної обробки деталей є адаптивне керування ходом технологічного процесу. Адаптивні системи забезпечують керування точністю і продуктивністю безпосередньо в процесі обробки деталей за законами, близькими до оптимальних.

На даний час створені системи автоматичного регулювання різними параметрами стану технологічної системи у складі верстату, інструменту і деталі з пристосуванням. Проте дослідженнями ряду вчених доведено, що найбільш важливо і доцільно керувати пружними переміщеннями технологічної системи, в тому числі деформаціями деталей під час обробки. При цьому при токарній обробці в більшості випадків в якості змінної керування зручно вибирати поздовжню подачу супорта. Це пояснюється тим, що зміна швидкості різання пов'язана із регулюванням великою потужністю, а це принципово знижує доцільність такого керування. Використання подачі в якості параметра керування, наприклад, силою різання, супроводжується суттєвим підвищенням якості і точності обробки деталей за рахунок зменшення величини поля розсіювання. Окрім того, очевидним є збільшення продуктивності обробки шляхом різання на більш високих режимах і автоматизації обробки. При цьому можна економніше використовувати технологічну систему і різальні інструменти. Однак, одним із проблемних питань систем керування пружними переміщеннями шляхом зміни поздовжньої подачі є забезпечення використання в системі регулювання механізму безступеневого регулювання поздовжньої подачі. В цьому випадку на допомогу може прийти клинописові варіатори, які обладнані додатковими нескладними пружинними пристроями самопідналагодження. У такому варіаторі ця система пружин сприйматиме осьову силу, що виникає на ведених дисках. При цьому частота обертання веденого валу залежатиме від моменту опору на цьому валу. При збільшенні моменту опору ведені диски почнуть зміщуватись, наближаючись один до одного, змінюючи діаметри розміщення клиновидного паса. Таким чином така самоналагоджувальна конструкція забезпечуватиме автоматичну зміну частоти обертання веденого вала і відповідно передаточного відношення варіатора в залежності від прикладеного моменту опору, а власне – зусилля різання. Проведені дослідження кінематичних і силових характеристик самоналагоджувального варіатора підтверджують можливість його використання при регулюванні пружних переміщень елементів технологічної системи при токарній обробці, тобто вносять елементи адаптації до технологічного процесу, підвищуючи його продуктивність і покращуючи якісні показники обробки.

#### **Література**

1. Луців І.В. Кінематика самоналагоджувального клинопасового варіатора / І. В. Луців, І. Д. Дубецький // Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми сучасних технологій виготовлення і надійності передач з гнучким зв'язком» – Тернопіль : ТНТУ, 2011. – С. 92 – 93.

УДК 66.063.8:51-74

**І.І. Лучейко, Т.М. Вітенько, докт. техн. наук, проф.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **РОЗРОБКА ЗМІШУВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ ЗІ СПІРАЛЬНИМИ ЛОПАТЯМИ МІШАЛКИ**

**I.I. Lucheyko, T.M. Vitenko, Dr., Prof.**

### **DESIGN OF MIXING DEVICES WITH SPIRAL BLADES OF STIRRER**

Розробка мішалок нетрадиційної конструкції – актуальна задача. Зокрема, нами запропоновані мішалки зі спіральними (в площині обертання) лопатями. Аналітично було доведено, що така форма лопатей дозволить зменшити величину пускової потужності, а отже – використати електропривод меншої номінальної потужності [1-4].

Зрозуміло, що чим більша кривизна лопатей, тим пускова потужність буде меншою, однак за рахунок негативного збільшення довжини, а значить – матеріалоемності лопатей мішалки. Деяким зменшенням товщини лопатей заданої радіальної довжини та висоти цей недолік можна практично нівелювати.

Окремі лопаті у вигляді спіралей Архімеда та розгортки кола зображені на рис. 1.

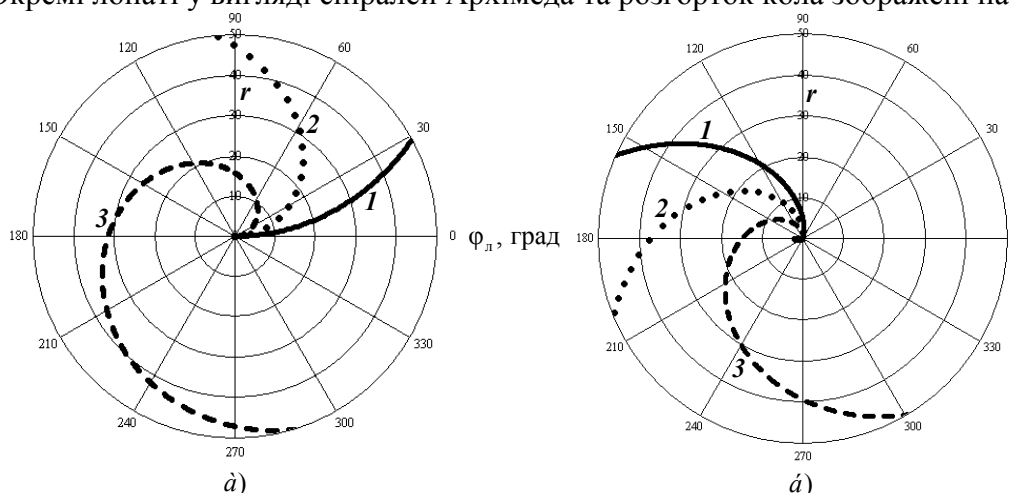


Рисунок 1. Деякі лопаті у вигляді спіралей Архімеда виду  $\varphi_{л} = br$  [а): 1 –  $b = 100$ ,  
2 – 30, 3 –  $b = 10$ ]

та розгортки кола  $\varphi_{л} = a[(r^2 - 1)^{1/2} - \arctg(r^2 - 1)^{1/2}]$  [б): 1 –  $a = 10$ , 2 – 5, 3 –  $a = 2$ ];

$r = R / R_{вн}$  – безрозмірний радіус точки;  $R_{вн}$  – радіус внутрішніх кромek лопаті;

10, 20, ... – радіус мішалки та можливий діаметр втулки у відносних одиницях.

#### **Література**

1. Vitenko T.N., Lucheyko I.I. Phenomenological model of decrease power of mixer in start-up period // XX Mendeleev Congress on General and Applied Chemistry. Vol. 3: Abstracts. – Ekaterinburg, 2016. – P. 308.

2. Vitenko T.N., Lucheyko I.I. Phenomenological approach to calculation of energy expenses for acceleration liquid during start-up of mixer // XVI International Scientific Conference “High-Tech in Chemical Engineering–2016”: Abstracts. – Moscow, 2016. – P. 67.

3. Лучейко І.І., Вітенько Т.М. До визначення пускової потужності мішалки в рамках феноменологічної моделі // V Міжнар. наук.-техн. конф. молодих учених “Актуальні задачі сучасних технологій”: Тези доп. – Тернопіль, 2016. – С. 16-17.

4. Вітенько Т.М., Лучейко І.І., Лучейко І.Д. До розрахунку пускової потужності спіральнo-лопатевої мішалки // Міжнар. наук.-практ. конф. “Хімічна технолог. та інженерія”: Тези доп. – Львів, 2017. – С. 85.



УДК 621.923

Н.Р. Ляховський

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ ШОРСТКОСТІ ТОРЦЕВОЇ ПОВЕРХНІ КІЛЬЦЯ ПІСЛЯ ПЛОСКОГО ШЛІФУВАННЯ

N.R. Liahovskyi

### THE RING END FACE ROUGHNESS RESEARCH AFTER FLAT GRINDING

Для дослідження шорсткості торцевої поверхні кільця після торцевого шліфування проведено серію експериментів. Шорсткість обробленої поверхні визначали за допомогою профілографа-профілометра моделі 201. Матеріал оброблюваної заготовки сталь 45.

Шорсткість плоскої торцевої поверхні кільця при плоскому шліфуванні залежить від великої кількості технологічних факторів. До цих факторів належать методи і режими обробки: умови охолодження та мащення інструмента, хімічний склад і мікроструктура оброблюваного матеріалу, конструкція, зернистість, твердість, матеріал та зв'язка шліфувального круга, тип і стан устаткування та технологічного оснащення, жорсткість та динамічні характеристики елементів технологічної системи. Як бачимо, залежність шорсткості поверхні від згаданих вище факторів носить складний і суперечливий характер. Тому для її дослідження передбачається використання експериментальних методів дослідження, оскільки теоретичні методи дуже трудомісткі, і не можуть з достатньою точністю описати процес формування шорсткості при шліфуванні торцевих поверхонь кілець.

Оскільки на шорсткість поверхні впливає велика кількість факторів і вивчення її формування потребує значної кількості часу і матеріалів, дослідження проводили з метою вивчити вплив лише технологічних факторів, залишивши постійними геометричні фактори та матеріал заготовки.

Експеримент планували на основі багатофакторного аналізу, тобто одночасно варіюванням усіх змінних факторів,  $x_1(V)$ ,  $x_2(S)$ ,  $x_3(t)$ ,  $x_4(K)$ . Щоб знайти залежність  $Ra=f(V,S,t,K)$  використовували повний факторний експеримент типу  $2^k$ , де  $k$  – кількість змінних незалежних факторів ( $k=4$ ), що потребує реалізації 16 основних дослідів. Враховуючи те, що дисперсії в кожній точці факторного простору однорідні, було вирішено скористатись схемою реалізації експерименту з дублюванням в одній точці (у центрі плану) чотири рази.

Шукана математична модель досліджуваного процесу:

$$\ln Ra = 0,643 + 0,055x_1 + 0,44x_2 + 0,048x_3 + 0,081x_4 . \quad (1)$$

При переході від кодованих факторів до натуральних, рівняння (1) записано наступним чином:

$$\ln Ra = -1,443 + 0,27 \ln V + 0,8 \ln S + 0,14 \ln t + 0,48 \ln K , \quad (2)$$

де  $V$  – швидкість переміщення деталі, м/с;  $S$  – поздовжня подача круга, мм/подв. хід;  $t$  – глибина різання, мм;  $K$  – зернистість круга.

Отже, кінцева формула для визначення шорсткості торцевої поверхні кільця після торцевого шліфування має вигляд:

$$Ra = 0,236 \cdot V^{0,27} S^{0,8} t^{0,14} K^{0,48} . \quad (3)$$

Емпірична залежність (3) адекватно відображає процес на проміжках змінних параметрів :  $0,2 < V < 0,3$  м/с.,  $2 < S < 8$  мм/подв. хід,  $0,02 < t < 0,04$  мм.,  $50 < K < 70$ .

**УДК 691.328:666.9.035**

**У.Д. Марущак канд. техн. наук, доц. Ю.В. Олевич**  
Національний університет «Львівська політехніка», Україна

## **МОДИФІКОВАНІ БЕТОНИ ДЛЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЗБІРНОГО ЗАЛІЗОБЕТОНУ**

**U. Marushchak Ph.D., Assoc. Prof.; Yu. Olevych**  
**MODIFIED CONCRETES FOR ENERGY EFFICIENT TECHNOLOGIES  
OF PRECAST REINFORCED CONCRETE**

З метою економії ресурсів та скорочення термінів зведення будівель і споруд активно впроваджується технологія збірно-монолітно будівництва. Одними із найбільш використовуваних залізобетонних виробів при цьому є багатопорожнинні попередньо напружені плити перекриття, виготовлені методом стандового екструзійного безперервного формування. Проте при цьому виникає низка проблем, зокрема розопалублення виробів у короткі терміни, забезпечення необхідної передавальної та марочної міцностей, що зумовлює підвищені витрати портландцементу, застосування прогріву для прискорення виготовлення збірного залізобетону і визначає високу енергоємність збірного залізобетону [1]. Інтенсифікація процесів тверднення підвищенням температури призводить до розвитку деструктивних процесів в бетоні, що негативно впливає на структуру та пов'язані з нею міцність і довговічність бетонних виробів [2]. Тому для виробництва збірного залізобетону ефективним є перехід на безпрогрівні і малопрогрівні технології з суттєвим скороченням енергетичних ресурсів, підвищенням продуктивності технологічних ліній, які пов'язані з впровадженням ефективних швидкотверднучих бетонів, модифікованих комплексними хімічними добавками пластифікуюче-прискорюючої дії [3].

Запроектовано високоміцні бетони, модифіковані добавками пластифікуючої групи, номінального складу 1:1,2:0,67:2,04 на основі портландцементу ПЦ І-500-Н проектного класу за міцністю на стиск В45 марки за легкоукладальністю бетонних сумішей Ж2. Міцність високоміцних бетонів після теплової обробки за низькотемпературним режимом (температура витримки 50 °С) становить 45,4 та 58,5 МПа при використанні пластифікаторів на основі лігносульфонатів відповідно Centrament N3 та Technoson P, що становить 78,5 та 101,2% від проектної міцності. Введення комплексної добавки пластифікуюче-прискорюючої дії Technoson R зумовлює зростання міцності до 62,8 МПа (108,6% від проектної). Результати проведених досліджень свідчать, що використання розроблених модифікованих бетонів забезпечує одержання необхідної передавальної міцності при малопрогрівній технології залізобетонних виробів.

### **Література**

1. Саницький М. А., Позняк О. Р., Марущак У. Д. Енергозберігаючі технології в будівництві: навч. посібник / . – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. – 236 с. 2. Баженов Ю. М., Демьянова В. С., Калашников В. И. Модифицированные высококачественные бетоны. – М. : Изд-во АСВ, 2006. – 368 с. 3. Особливошвидкотверднучі композиції для високофункціональних бетонів // М. А. Саницький, У. Д. Марущак, І. І. Кіракевич, Т. А. Мазурак / Вісник НУ «Львівська політехніка» «Теорія і практика будівництва». – 2013. – №755 – С. 385–390.

УДК 624

Н.Б. Мелюзина

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ І ДЕФОРМАТИВНОСТІ АРМОВАНИХ КОМПОЗИТНОЮ АРМАТУРОЮ ДЕРЕВ'ЯНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

N.B. Meliuzyna

### STUDY OF STRENGTH AND DEFORMATION OF COMPOSITE-REINFORCED WOODEN STRUCTURES

Інтенсивний розвиток будівельної галузі вимагає застосування нових ефективніших будівельних матеріалів та конструкцій. Армування дерев'яних балок є одним із таких інноваційних рішень. Армування балок неметалевою арматурою, на відміну від сталеві, потребує більш глибоких досліджень.

Корозійна та хімічна стійкість, а також кращі показники міцності надають їй значні переваги у порівнянні із сталеві арматурою. Мала власна вага, міцність та жорсткість при достатній довговічності і надійності робить такі конструкції невід'ємною частиною сучасного будівництва.

Основною задачею у роботі було дослідити та порівняти поведінку дерев'яних балок армованих композитною та сталеві арматурою, під дією статичного навантаження.

У результаті досліджень встановлено, що середніми значеннями руйнівного напруження для композитної арматури є  $78,7 \text{ кН/см}^2$  та  $89,6 \text{ кН/см}^2$  (рис. 1).

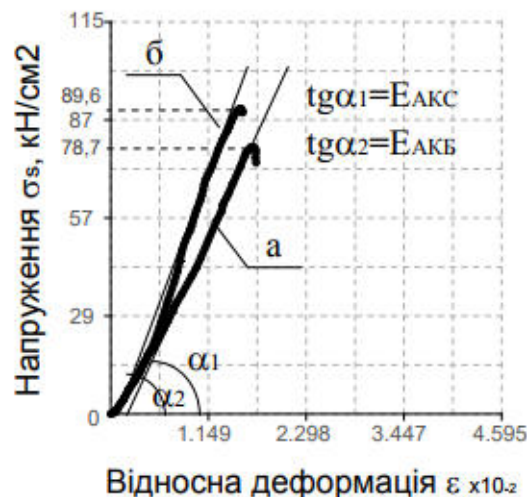


Рисунок 1. Діаграма «навантаження-деформація» розтягу композитної арматури. Деформації арматури до досягнення границі текучості були пружними. Подальше зростання навантаження призвело до утворення залишкових деформацій.

Руйнівне напруження у момент розриву сталеві арматури становило  $63,5 \text{ кН/см}^2$  та  $75,0 \text{ кН/см}^2$  (рис. 2).

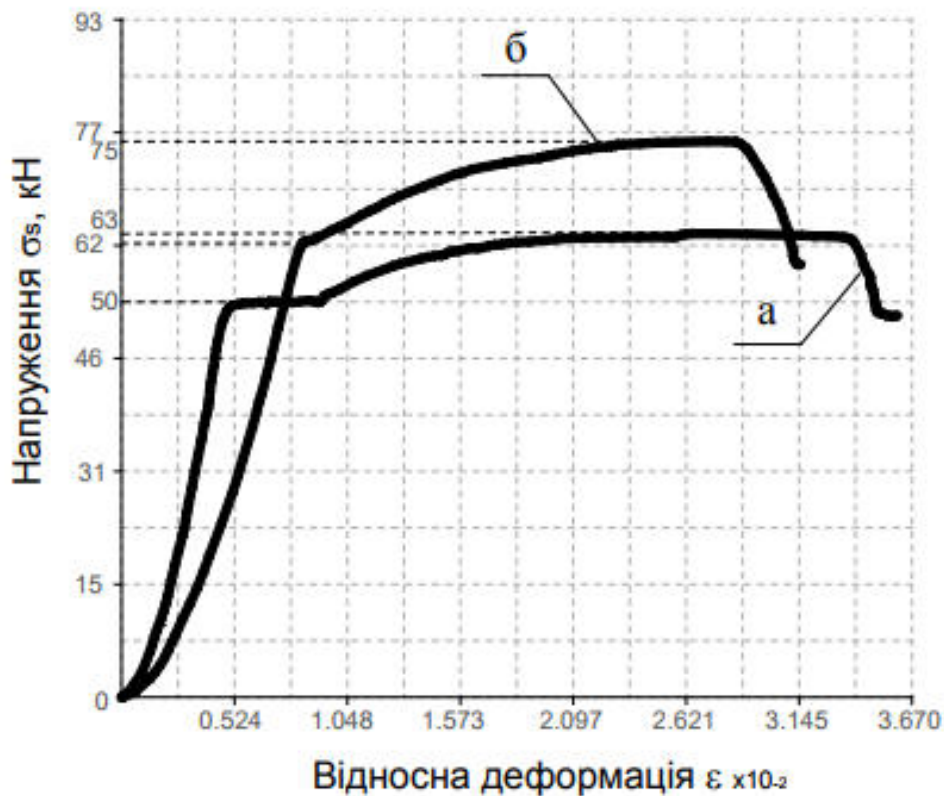


Рисунок 2. Діаграма «навантаження-деформація» розтягу для сталеві арматури 3 наведених діаграм (рис.1, рис. 2) видно, що міцність неметалевої арматури перевищує міцність сталеві арматури на границі текучості майже у 2 рази. При цьому варто відмітити, що модуль пружності композитної арматури менший в 3...4 рази.

Аналіз результатів дослідження довів ефективність та доцільність використання композитної арматури для армування згинальних елементів несучих дерев'яних конструкцій покриття. Крайні експлуатаційні показники композитної арматури варто застосовувати у будівлях із агресивним середовищем або специфічними умовами праці, що забезпечує довший термін експлуатації таких конструкцій.

#### **Література**

1. Б.Г. Демчина. Попередньо напружені дерев'яні конструкції з неметалевою арматурою / Демчина Б.Г., Олексин Г.М., Сурмай М.І. // Вісник НУЛП: Теорія і практика будівництва. - №737, т. I. – Львів, НУЛП, 2012. – С. 87-92.
2. Иванов Ю. М. Исследования влияния армирования на прочность и жесткость клееных деревянных изгибаемых элементов / Ю. М. Иванов, И. М. Линьков, В. М. Соротокин. // Разработка и исследование клееных деревянных и фанерных армированных конструкций. – 1972. – №24. – С. 13–39.
3. Щуко В. Ю. Армированные деревянные балки для покрытий и перекрытий жилых зданий / В. Ю. Щуко, Е. А. Смирнов, С. В. Климов // Развитие малоэтажного домостроения из древесного сырья: Материалы Всесоюзного сов. / В. Ю. Щуко, Е. А. Смирнов, С. В. Климов. – Москва, 1989. – С. 40–45.

**УДК 004.05**

**А.А. Недошитко, А.Г. Недошитко**

Технічний коледж Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Україна.

## **МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ОРІЄНТАЦІЇ РУХОМОГО ОБ'ЄКТУ В СИСТЕМАХ INDOOR НАВІГАЦІЇ**

**A.A. Nedoshytko, A.G. Nedoshytko**

### **METHOD FOR DETERMINING ORIENTATION OF A MOVEABLE OBJECT IN INDOOR POSITIONING SYSTEM**

Розвиток інформаційних технологій дозволяє суттєво розширити тактико-технічні можливості рухомих об'єктів, які можуть функціонувати в закритих приміщеннях. Роботизовані рухомі пристрої використовуються в технологічних складських системах, торгівельних комплексах, смарт-офісах і т.д. Перелік таких завдань, де використовуються подібні пристрої, постійно зростає. Тому вирішення завдань орієнтації та навігації об'єктів в приміщеннях на якісному рівні є одним з перспективних технічних напрямків.

Одним із елементів в переліку існуючих технологій позиціонування [1] є визначення орієнтації рухомого об'єкту в певний момент часу. Якщо пристрій функціонує в середовищі із високою імовірністю електромеханічних завад, можуть виникати суттєві похибки при визначенні його положення.

Підвищити точність орієнтації можна шляхом використання камери з ІЧ фільтром, яка буде розміщуватись на рухомому об'єкті. Камера буде відстежувати переміщення та орієнтацію пристрою відносно інфрачервоних маячків, розміщених на стелі приміщення (див.рис.1). Інформація про положення об'єкту буде визначатись мікропроцесорною платформою.

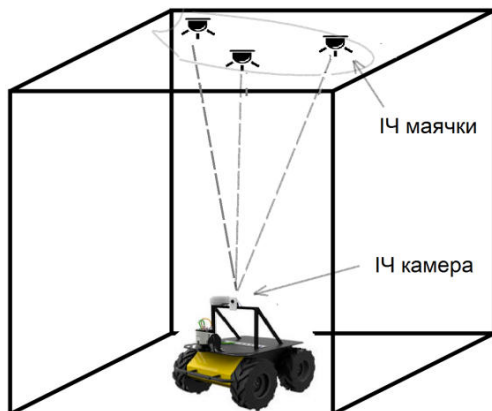


Рис 1. Розміщення компонентів системи

В якості камери для визначення положення роботизованого об'єкту, можна використати інфрачервону камеру контролера Wii Remote, який входить в ігрову консоль Wii компанії Nintendo. Камера має розширення 1024x768 пікселів з вбудованим апаратним визначенням розміщення 4 світлових ІЧ точок одночасно на частоті 100 Гц. Контролер також містить 8-бітний 3-х осьовий акселерометр-гіроскоп. За допомогою Bluetooth-каналу контролер Wii можна з'єднати із мікропроцесорною платформою. Даний пристрій може успішно використовуватись в якості доповнюючого елементу

indoor систем.

#### **Література**

1. Rainer Mautz Indoor Positioning Technologies, Habilitation Thesis submitted to ETH Zurich, 2012
2. Новости Интернета вещей [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <https://iot.ru/search/?tags=indoor-навигация> - Дата доступу: 08.11.2017. – Заголовок з екрану
3. Wii Remote IR Camera Hack With Arduino Interface[Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: <http://www.instructables.com/id/Wii-Remote-IR-Camera-Hack/> - Дата доступу: 08.11.2017. – Заголовок з екрану

УДК 624.151

**В.М. Обід, А.П. Сорочак канд. техн. наук**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **РЕКОНСТРУКЦІЯ ШКОЛИ З НАДБУДОВИ 2-ПОВЕРХІВ З ДОСЛІДЖЕННЯМ СПОСОБІВ ПІДСИЛЕННЯ ФУНДАМЕНТІВ**

**V.M. Obyd, A.P. Sorochak Ph.D.**

### **RECONSTRUCTION OF A SCHOOL WITH ADDING UP 2 STORES AND INVESTIGATION OF BASE STRENGTHENING METHODS**

Метою роботи є добудова 2-ох поверхів з дослідженням способів підсилення фундаменту. У зв'язку зі збільшенням навантаження на існуючий фундамент запропоновано такі варіанти підсилення фундаменту: армування основи; цементация через пробурені свердловини; добетонування; улаштування залізобетонних обойм (рис. 1); улаштування залізобетонного банкетета; передача навантажень на буронабивні палі; передача навантажень на металеві порожнисті багатосекційні палі.

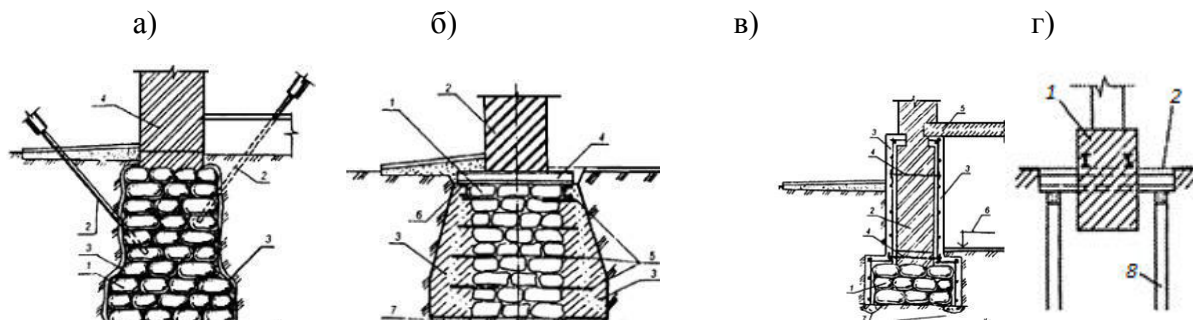


Рисунок 1. Схеми підсилення фундаментів будівель і споруд: а – цементация через пробурені свердловини; б – добетонування; в – улаштування залізобетонних обойм.

Для аналізу варіантів та аргументованого вибору найдоцільнішого з цих способів виконано серію розрахунків. Розрахунок виконано згідно [1] для фундаментів на вологих ґрунтах з врахуванням [2]. Також виконано кошторисний розрахунок в програмному комплексі АВК-5 за цінами 20.05.2017 р.

В результаті техніко-економічного розрахунку прийнято армування основи похилими елементами під кутом 24°. Влаштовано армоелементи довжиною 5,0 м та діаметром 300 мм. Такою комбінацією армування ліквідували просадочність основи, підвищили характеристики стисливості ґрунту, зменшили додаткові осідання, що дало змогу виконати надбудову будівлі без збільшення ширини існуючих фундаментів. Результати випробування мікропалі показали, що експериментальна величина її несучої здатності порівняно із одержаною величиною збільшена майже в три рази, але економічно-доцільнішим буде вибір варіанта з армуванням основи похилими елементами.

#### **Література**

1. ДБН В.2.1-10-2009 «Основи та фундаменти споруд», Київ 2009.
2. ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи», Київ 2006.

УДК 621.979

М. В. Олійник, С. М. Сімора

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ОБРОБКИ ВАЖКООБРОБЛЮВАНИХ МАТЕРІАЛІВ

M. V. Oliynuk, S. M. Simora

### RESEARCH OF METHODS OF TREATMENT OF HARD-PROCESSING MATERIALS

Науково - технічний прогрес, швидкий розвиток техніки і технології, винахід різних видів нових матеріалів, таких, як тверді сплави, складнолеговані сталі, мінерало- і металокераміка, напівпровідникові матеріали, в XX столітті поставило абсолютно нові вимоги до процесу шліфування. Зараз потрібно обробляти деталі з мікронною точністю і якістю поверхні 11-12 класу чистоти. Досягти цього можна тільки за допомогою шліфування.

Проте шліфування має ряд недоліків, таких як відносно низька продуктивність і підвищений знос інструменту. Для усунення цих недоліків розроблено кілька способів, проте якнайкращий ефект дають способи з введення магнітного поля і електричного струму в зону різання. Це забезпечує значне зростання продуктивності праці, зниження витрат і підвищення ефективності виробництва досягнувши високих експлуатаційних властивостей оброблених поверхонь.

Магнітно-електричне шліфування (МЕШ), згідно прийнятої класифікації (рис. 1) є способом комбінованої обробки струмопровідних матеріалів, що поєднує процеси абразивного мікрорізання з явищами електроконтактів та/або електроерозійних при дії на зону обробки магнітного поля. Фізична суть процесу МЕШ полягає в механічному контакті абразивного струмопровідного інструменту з поверхнею деталі, замиканні електродів (інструмент-деталь) продуктами шліфування по локальних плямах контакту, розплавленні контактних містків теплотою електрострумів і утворенні розрядів з подальшими електроерозійними явищами, що відбуваються під впливом зовнішнього магнітного поля.



Рисунок 1. Класифікація електрохімічних, електрофізичних і комбінованих методів обробки.

Магніто - електрична обробка є перспективним високопродуктивним способом обробки важкооброблюваних матеріалів, продуктивність і якість поверхні після якої при обробці матеріалів з високою твердістю більшою мірою залежить від електрофізичних режимів процесу.

УДК 624.014

**І.В. Олійник, К.Л.Сандуляк**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЕДІНКИ МЕТАЛЕВИХ ФЕРМ ПРИ СТАТИЧНОМУ НАВАНТАЖЕННІ**

**I.V. Oliinyk, K.L. Sanduliak**

### **STUDY OF THE BEHAVIOUR OF STEEL TRUSSES UNDER STATIC LOAD**

Під дією різних факторів впливу (робочі навантаження, власна вага, сніг, вітер, температурні зміни, сейсмічні впливи, аварійні ситуації тощо) в елементах несучих зварних будівельних конструкцій відбуваються деформації та пошкодження, які зумовлюють їх руйнування [1].

Метою дослідження є визначення особливостей деформування та руйнування зварної підкрюквяної ферми при дії статичних навантажень різного рівня.

Для досягнення мети використано комп'ютерний моделюючий експеримент. Сучасна комп'ютерна техніка і розрахункові методики дають можливість враховувати значну кількість параметрів впливу на пошкодження та руйнування металевих зварних ферм. Використано методи дослідження, які базуються на класичних положеннях будівельної механіки та механіки деформівного твердого тіла, метод скінченних елементів, реалізований в програмному комплексі ANSYS Workbench 14.5. За його допомогою виконано дослідження поведінки фізичної моделі зварної підкрюквяної ферми 2000x400 мм зі сталюгого вальцьованого кутника 40x40 мм. Матеріал кутника – сталь ВСт3пс. Навантаження статичні [2].

За результатами виконання комп'ютерного моделюючого експерименту отримано в графічному вигляді величину поздовжньої деформації (рис .1, а) і значення прогину нижнього пояса ферми (рис .1, б) при дії статичних навантажень різної величини, а також зміну зовнішньої конфігурації zdeформованої ферми при навантаженнях на рівні граничного стану (рис. 2).

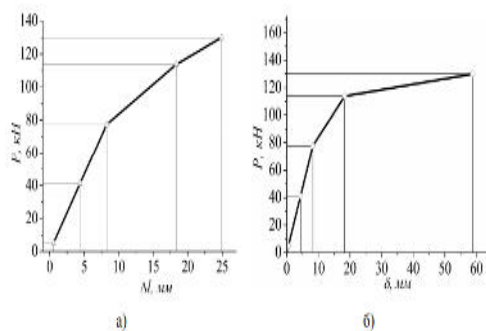


Рисунок 1. Діаграми деформування фізичної моделі зварної ферми

Результати досліджень, отримані комп'ютерним моделюючим експериментом, а також використані в роботі методики, доцільно використовувати при конструюванні зварних ферм.

#### **Література**

1. Лобанов Л.М. Сварные строительные конструкции / Лобанов Л.М., Махненко В.И., Труфяков В.И. – К.: Наук. Думка, 2005 – 416 с.
2. Ковальчук Я. О. Моделювання напружено-деформованого стану нижнього пояса будівельної зварної ферми / Я. О. Ковальчук, Н. Я. Шингера, О.І.Рибачок // Вісник ТНТУ ім. Івана Пулюя. – 2014. № 2– С. 34 – 39.

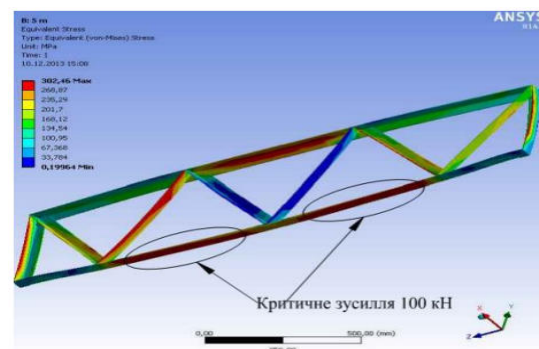


Рисунок 2. Деформування фізичної моделі зварної ферми на рівні граничного стану



УДК 621.91

Б.М. Осипенко

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ РОЗТОЧУВАННЯ КАНАВОК

В.М. Osypenko

### THE GROOVES BORING DYNAMICS RESEARCH

На основі експериментальних досліджень встановлено, що в процесі розточування канавок в циліндричних отворах виникають динамічні коливання, що впливають на якість поверхневого шару канавок і точність їх розмірів. Коливання виникає як у вертикальній площині, так і в горизонтальній. На основі вищесказаного виникає необхідність у дослідженні динамічних навантажень на елементи системи оправка-різці-заготовка та характер переміщення її складових.

Ці переміщення можна знайти за допомогою вирішення диференціальних рівнянь руху. Для спрощення розрахунків виконано деяку ідеалізацію системи, викидаючи другорядні фактори. Для процесу розточування канавок можна виділити ряд моментів: врізання першого різця та одночасне переміщення різців до суміщення другого різця з початком врізання першого; подальше врізання другого різця та одночасне переміщення різців до суміщення третього різця з початком врізання другого; подальше врізання  $n$ -го різця та одночасне переміщення різців до суміщення  $n$ -го різця з початком врізання  $n-1$  різця; одночасна робота різців з повною подачею. Враховуючи те, що на початку зони різання, коли відбувається врізання різця проходить зміна шару, що зрізується, на цих ділянках тангенціальна та радіальна складові сили різання представлено зростаючими лінійними залежностями. Розрахункову схему процесу розточування канавок представлено у вигляді зосереджених мас, що з'єднані пружними зв'язками. Пружні зв'язки прийнято невагомими, що характеризуються постійним коефіцієнтом жорсткості. Головними елементами системи є заготовка, різці, розточна оправка, шпиндель верстата.

Складено диференціальні рівняння руху системи для вимушених коливань, застосовуючи рівняння Лагранжа другого роду. Розв'язок системи нелінійних диференціальних рівнянь з нульовими початковими умовами провели на комп'ютері із застосуванням стандартної підпрограми чисельного методу Рунге-Кутта. За результатами досліджень представлено графічні залежності зміни переміщення різців в часі (рис. 1). Із одержаних графіків встановлено, що під час врізання першого різця

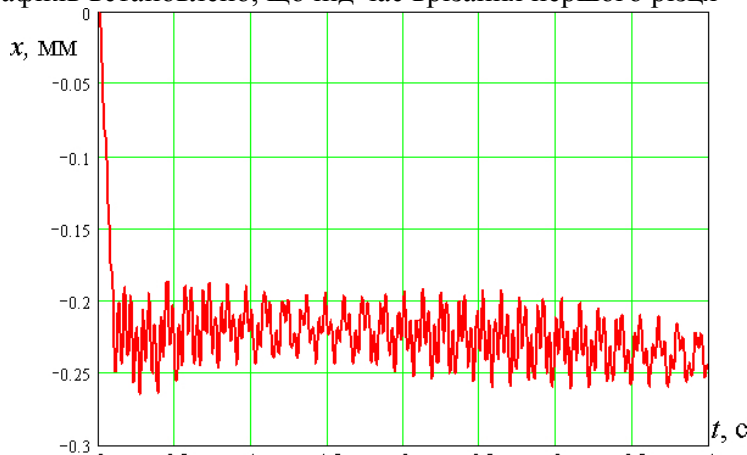


Рисунок 1. Графік переміщення першого різця у часі

відбувається зростання його переміщення з наступними коливаннями. Перший різець буде мати найбільші переміщення, внаслідок найбільших сил різання, що діють на нього. Протягом проміжку часу 0,4с переміщення четвертого різця здійснюється разом із всією системою, проте при врізанні різця і відносній стабілізації сили різання коливання різця відбувається у додатному напрямку.

УДК 621.9.02

Т.Р. Павлюк

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ТОРЦЕВИХ ФРЕЗ

T.R. Pavlyuk

### INCREASE THE EFFICIENCY OF WORKING OF MILLING CUTTERS

Фреза є одним з найпоширеніших різальних інструментів. У промисловості із загального парку устаткування фрезерні верстати становлять близько 18%, а в авіаційній промисловості до 50–60% всього заводського парку. При торцевому фрезеруванні для одержання більш ефективних результатів дуже важливо правильне розташування фрези щодо заготовки, тому що від цього змінюються умови входу й виходу фрези з різання.

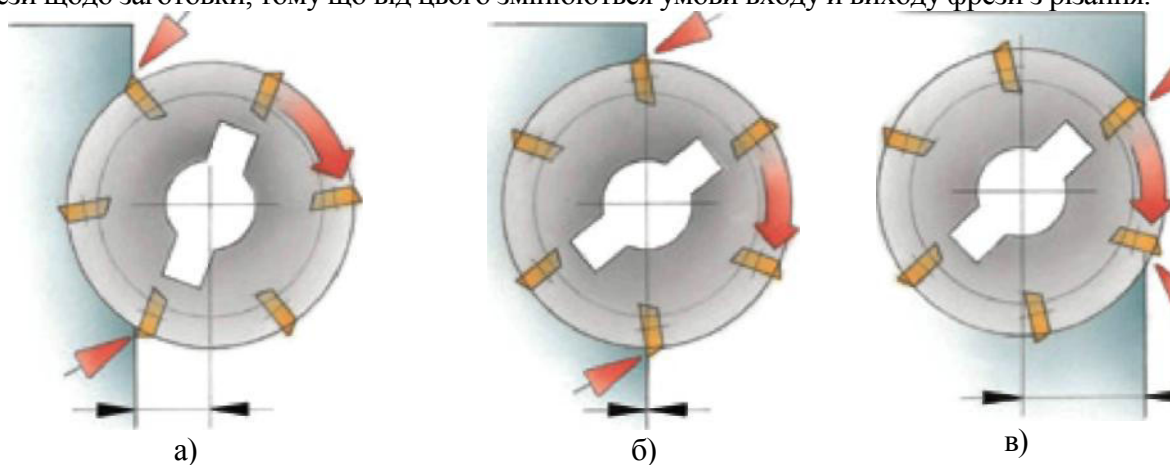


Рисунок 1. Умови входу й виходу з різання при різному розташуванні торцевої фрези

У першому випадку (а) вісь фрези значно зміщена від краю заготовки й удар при врізанні припадає на вершину пластини, яка є найбільш чутливою частиною інструмента. Останньою із зони різання виходить також вершина пластини, навантаження миттєво припиняється, що створює своєрідний розвантажувальний удар. У другому випадку (б) вісь фрези розташована над краєм заготовки. Пластина виходить із зони різання, коли товщина стружка максимальна. При такому положенні фрези виникають ударні навантаження при вході й виході. У третьому випадку (в) центр фрези перебуває над оброблюваною поверхнею й досить далеко від її краю. Первинний контакт із оброблюваною заготовкою відбувається в деякому віддаленні від чутливої вершини пластини. При виході із зони різання пластина звільняється від навантаження поступово.

Ефективність роботи торцевих фрез визначається, насамперед, продуктивністю видалення металу ( $\text{м}^3/\text{хв}$ ):  $Q = \frac{a_p \times a_e \times V_f}{1000}$ , де  $a_p$  – глибина різання;  $a_e$  – ширина обробки;  $V_f$  – подача столу (швидкість подачі).

При розрахунках оптимальної споживаної потужності  $P_c = \frac{a_p \times a_e \times V_f \times k_c}{60 \times 10^6 \times \eta}$ , де  $k_c$  – питома сила різання при товщині стружки 1 мм, Н;  $\eta$  – ККД верстата, враховують поправочні коефіцієнти  $M\gamma = 1,7 \div 0,7$  залежно від переднього кута різальної пластини  $\gamma = -7^\circ \div 30^\circ$ .

УДК 621.004

М. І. Паламар докт. техн. наук, проф., С. В. Машталяр, С. Б. Шевчук,  
В.В. Кругльов

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ КЕРУВАННЯ АНТЕННОЮ СИСТЕМОЮ

M.I. Palamar Dr., Prof., S.V. Mashtaliar, V.B. Shevchuk, V.V. Kruglov  
THE NEURAL NETWORK APPLICATION FOR THE PARAMETERS  
OPTIMIZATION OF THE ANTENNA CONTROL SYSTEM

Складність виготовлення, висока собівартість і наявність багатьох збурюючих чинників при розробці високочотних антенних систем (АС) для дистанційного зондування Землі вимагає пошуку оптимальних шляхів побудови систем керування АС. Використання асинхронних приводів, в якості головної силової ланки опорно-поворотного механізму антени дає змогу суттєво зменшити собівартість, а також підвищити надійність системи. Однак, забезпечення необхідної точності при використанні асинхронних приводів потребує складніших методів і електронних засобів керування.

Ефективним методом керування для задач з нечітко визначеними параметрами є використання штучних нейронних мереж (ШНМ). В роботі запропонована структура системи керування з використанням ШНМ для якої введено додаткові зворотні зв'язки, модель якої представлена на рис.1.

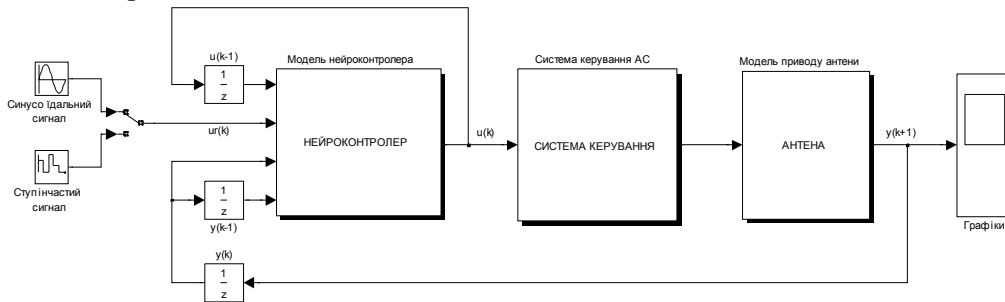


Рисунок 1. Модель системи керування наведенням для кожної з осей АС  
Основними ланками системи керування є:

- нейроконтролер;
- система керування силовим електроприводом з векторним керуванням та підтримкою стабільного моменту асинхронного двигуна;
- антенний блок, який моделює динамічні параметри АС і зовнішні впливи.

Нейроконтролер побудований на основі двохшарової нейромережі із 10-ма нейронами в прихованому шарі. Нейроконтролер отримує на вхід сигнал керування згідно заданої траєкторії  $ur(k)$  і затримані  $n$  раз керуючі сигнали та сигнали з об'єкта керування. Нейроконтролер формує керуючий сигнал за наступним законом:

$$u(k) = NK(y(k), y(k-1), \dots, y(k-l_1), u(k-1), \dots, u(k-l_2), ur(k))$$

де  $l_1$  і  $l_2$  - глибини затримок зворотніх зв'язків по входу і виходу об'єкта керування, відповідно.

За допомогою такої моделі можна оцінювати точність наведення антенної системи, моделювати вплив зовнішніх факторів на їх динамічні характеристики, перевіряти її працездатність ще до процесу виготовлення системи керування АС.

**УДК 631.42**

**П.Є. Пальцан, Н.І. Хомик, канд. техн. наук, доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**ПЕРЕВАГИ ЗАСТОСУВАННЯ КОМБІНОВАНОГО  
АГРЕГАТА НА БАЗІ КУЛЬТИВАТОРА КПСП-4**

**P.E. Paltsan, N.I. Khomyk, Ph.D., Assoc. Prof.**

**BENEFITS OF APPLICATION OF COMBINED AGGREGATE  
ON THE BASE CULTIVATOR KPSP-4**

На даний час одним із головних завдань при обробітку ґрунту є заходи щодо розушільнення родючого шару; збільшення водопроникливості, загальної і некапілярної пористості; створення оптимальних умов для мікробіологічних процесів у родючому шарі ґрунту; активізування фізіологічних процесів у рослинах; підвищення віддачі від мінеральних добрив. Для виконання цих вимог застосовують сучасні культиватори з високопродуктивними робочими органами.

Розробка нових чи удосконалення існуючих конструкцій комбінованих агрегатів для передпосівного обробітку ґрунту є актуальною задачею.

Для досягнення необхідного ефекту від застосування комбінованих машин та агрегатів слід дотримуватися таких вимог [1]: енергоємність технологічного процесу, який виконує комбінована машина, повинна бути меншою загальної енергоємності при виконанні його одноопераційними машинами; продуктивність комбінованих машин повинна бути вища, ніж комплексу замінюваних одноопераційних машин; вартість роботи комбінованих машин має бути нижчою або на рівні вартості роботи комплексу одноопераційних машин; комбіновані машини мають бути добре пристосовані для роботи у несприятливих погодних та ґрунтових умовах, як і замінювані одноопераційні; застосування комбінованих машин має сприяти зниженню втрат врожаю вирощуваних культур, у крайньому разі забезпечувати такий же рівень врожайності при менших трудових та грошових витратах.

Достатньо велика потужність тракторів дозволяє у наш час об'єднувати в одному ґрунтообробному агрегаті два і навіть чотири типи знарядь, завдяки чому можна здійснювати передпосівний обробіток при скороченому числі робочих проходів. Тому при підготовці ґрунту до посіву все рідше зустрічається одиничне застосування ґрунтообробних знарядь. При сучасному рівні оснащеності сільського господарства ґрунтообробними знаряддями і машинами можливості формування комбінованих агрегатів дуже великі. В умовах, де двох проходів ґрунтообробного агрегату з пасивними робочими органами недостатньо, слід застосовувати знаряддя із активними робочими органами.

Отже, приступаючи до передпосівного обробітку ґрунту необхідно враховувати чотири можливі випадки, що характеризують умови роботи знарядь для додаткового обробітку ґрунту [1]: ґрунт зораний, осів самостійно або цей процес був прискорений застосуванням ущільнювача і можливо зубової обертової борони під час оранки; ґрунт після зяблевої оранки додатково оброблений весною; ґрунт оброблений чизель-культиватором як знаряддям, що замінює плуг; необроблений ґрунт (залишився після збирання врожаю просапних культур або після збирання зернових).

Прискорення осідання зораного ґрунту під дією знарядь, що агрегуються з плугом, забезпечує зменшення вдвічі глибини колії трактора, що працює із знаряд-

ням для додаткового обробітку ґрунту, а також добре вирівнювання поверхні поля при роздільному передпосівному обробітку ґрунту.

Підготовка ґрунту, що осів після оранки, до посіву озимих зернових культур, так і проведений після зяблевої оранки весняний обробіток, який передуює сівбі ярих культур, не викликає особливих труднощів. У переважній більшості випадків його можна проводити за один прохід об'єднаними у комбіновані агрегати знаряддями з пасивними робочими органами, тобто при використанні різних типів борін або культиваторів для обробітку вузьких міжрядь у поєднанні з прутковими котками [1].

Використання комбінованих машин зменшує шкідливий вплив колісних ходів на ґрунт, скорочує строки проведення операцій, підвищує якість робіт і продуктивність праці, знижує виробничі витрати.

Для нових гнучких технологій вирощування сільськогосподарських культур більш перспективними на сьогодні є комбіновані ґрунтообробні знаряддя, які укомплектовані відповідними наборами різних типів безполицевих робочих органів.

Комбіновані агрегати, що суміщають в одному проході тягової машини передпосівну культивацію, кришіння та ущільнення ґрунту мають ряд переваг перед одноопераційними машинами. Це, перш за все, значне зниження витрати палива на одиницю виконаної роботи, зменшення витрат на виплату заробітної плати, вивільнення 1-2 тракторів і механізаторів у напружений період весняно-польових робіт, зменшення дії на ґрунт рушіїв тягової машини, скорочення термінів проведення операцій, підвищення якості робіт та продуктивності праці.

Комбіновані машини та агрегати повинні суміщати набір робочих органів для одночасного виконання лише тих операцій, які можна поєднувати у часі без порушення агротехнічних строків і якості обробітку ґрунту.

Одним із можливих варіантів вирішення проблеми передпосівного обробітку ґрунту є використання комбінованого агрегата на базі культиватора КПСП-4 з приєднаними до нього дисковими котками. Така конструкція забезпечує подрібнення крупних грудок ґрунту, розпушування, вирівнювання поверхні, збереження вологи та ущільнення посівного шару.

Основні вузли культиватора КПСП-4: просторова зварна рама; робочі органи (стрілчаті універсальні лапи, дискові котки); два пневматичні колеса з гвинтовими механізмами для регулювання глибини ходу робочих органів; пристрій для навішування дискових котків; гідравлічний механізм для підняття робочих органів у транспортний стан. Використання при суцільному обробітку ґрунту удосконалених робочих органів дає змогу підвищити продуктивність праці, скоротити час на змінне технічне обслуговування та поліпшити процес розпушення ґрунту.

Комбінований агрегат на базі культиватора КПСП-4 дозволяє заощадити кілька проходів трактора, що зменшує час підготовки поля під сівбу, витрати пального та масла. Пропонований агрегат може використовуватись у всіх ґрунтово-кліматичних зонах України за винятком зон гірського землеробства, на полях з ухилом до 8<sup>0</sup> на ґрунтах при вологості до 20% та твердості до 3,5 МПа.

Культиватор КПСП-4 у комплекті з дисковими боронами забезпечує подрібнення крупних грудок ґрунту, розпушування, вирівнювання поверхні та ущільнення посівного шару. Такий комбінований агрегат дозволяє заощадити кілька проходів трактора.

### **Література**

1. Сисолін П.В., Сало В.М. Уніфіковані ґрунторозпушувачі для захисних систем землеробства //Техніка АПК. – 2000. – №2. – С.12–15.

УДК 681.51, 621.3.07

Ю.В. Пастернак, В.С. Пастернак

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна.

## СВІТОВІ ТЕНДЕНЦІЇ І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ АНТЕН НА ОСНОВІ ПЛАТФОРМИ СТЮАРТА

Y.V. Pasternak, V.S. Pasternak

### GLOBAL TRENDS AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF ANTENNAS BASED ON STEWART PLATFORM.

За останнє десятиліття використання платформи Стюарта в антенній техніці значно зросло. Передумовами стали переваги конструкцій: точність позиціонування антени, динамічні характеристики системи, надійність; гнучкість для відстеження як полярних, так і екваторіальних супутників, швидке відстеження навіть при високих кутах нахилу.



Рисунок 1. Конструкція антен для ММА

Слід відзначити досягнення у створенні та впровадженні інноваційної концепції дизайну антен для ММА[1]. Конструкція якої є альтернативою традиційним системам. Опорно-поворотний пристрій (ОПП) складається з шести стійок зі змінною довжиною, які з'єднуються з трьома точками на кожному з двох кінців. З однієї сторони стійки зафіксовані до бази або землі, а з іншої – до рухомої площини, яка може мати шість ступенів свободи. Стійки (актуатори) можуть бути механічними, кульковими гвинтами, планетарними роликowymi гвинтами або гідравлічними приводами. Шарніри, до яких кріпляться актуатори, повинні ретельно розраховуватись для досягнення оптимального та точного руху. Як правило, використовують шарнір карданного типу або кулькові опори. На рис. 1 показана концепція гексаподного ОПП з рефлектором і приймачем в центрі кріплення. [1]. За останні роки створено обсерваторія ALMA (Atacama Large Millimeter Array), яка є найбільшою та найсучаснішою системою астрономічних телескопів у світі. ALMA - це не класичний оптичний телескоп, а комбінація до 66 радіотелескопічних антен, які отримують електромагнітне випромінювання на міліметровому та півміліметровому діапазонах. Паралельна кінематика Нехарод є легшою, компактнішою і жорсткішою, ніж класичні багатоосьові системи.[2] Використання даного механізму є новим для радіоастрономічних застосувань. Проте переваги даної системи знаходять все більше використання в конструюванні антенних систем та телескопів, зокрема Телескопи GBT та Keck використовують гексаподний кронштейн для своїх вторинних дзеркал.

#### Література

1. A Hexapod 12 m Antenna Design Concept for the MMA [Електронний ресурс] / J. S. Kingsley, V. L. Gasho, R. N. Martin. – 1999. – Режим доступу до ресурсу: [https://www.researchgate.net/publication/252126370\\_A\\_Hexapod\\_12\\_m\\_Antenna\\_Design\\_Concept\\_for\\_the\\_MMA](https://www.researchgate.net/publication/252126370_A_Hexapod_12_m_Antenna_Design_Concept_for_the_MMA).
2. 50 Hexapod 6-DOF Alignment Systems for the Sub-Reflectors of ALMA, the Largest Telescope Project in the World [Електронний ресурс] // PI Technology Blog. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.pi-usa.us/blog/50-hexapod-6-dof-alignment-systems-for-the-sub-reflectors-of-alma-the-largest-telescope-project-in-the-world/>.

**УДК 666.973**

**О.Р. Позняк канд. тех. наук, доц., І.О.Завадський**  
Національний університет «Львівська політехніка», Україна

## **ГАЗОБЕТОН НЕАВТОКЛАВНОГО ТВЕРДНЕННЯ**

**O.R. Pozniak Ph.D., Assoc. Prof., I.O. Zavadsky**  
**NON-AUTOCLAVED AERATED CONCRETE**

На сучасному етапі розвитку суспільства все більшого значення набуває питання збереження ресурсів і зниження рівня забруднення атмосфери Землі як вуглекислим газом, так і техногенними відходами різних виробництв. Разом з тим, галузь будівництва потребує якісних ефективних будівельних матеріалів і виробів, що визначає розвиток досліджень в області одержання економічних біопозитивних матеріалів і впровадження розроблених ресурсощадних технологій у виробництво.

Одним з ефективних будівельних матеріалів сьогодення є ніздрюватий бетон. З ніздрюватих бетонів неавтоклавної тверднення на сучасному етапі розвитку малого і середнього бізнесу затребувана технологія неавтоклавної газобетону, перевагами якої є мала фондоемність і собівартість продукції. В даний час назріла необхідність виробництва якісного неавтоклавної газобетону як для монолітного будівництва, так і для виготовлення штучних виробів, що досягається за рахунок виготовлення газобетону з попереднім приготуванням сухої суміші, яка містить всі необхідні компоненти.

Проведеними дослідженнями показано, що газобетон одержаний з готової сухої суміші на основі золи виносення характеризується середньою густиною  $530 \text{ кг/м}^3$ , тоді як середня густина газобетону, одержаного традиційним способом на основі кварцового піску –  $600 \text{ кг/м}^3$ , що пояснюється підвищенням коефіцієнта використання алюмінієвої пудри за рахунок збільшення її дисперсності і зниження вмісту на поверхні її частинок парафіну при механічній обробці. Міцність через 28 діб тверднення в нормальних умовах газобетону, одержаного з готової сухої суміші на основі золи виносення, на 32,5% вища, порівняно з газобетоном, одержаним традиційним способом, і становить 1,5 МПа. Використання хімічної добавки МСТФ 12 дозволяє одержувати газобетон неавтоклавної тверднення марки за середньою густиною D500 та класом за міцністю В1,5, розрахунковий коефіцієнт теплопровідності 0,16 Вт/(мК), що відповідає вимогам ДСТУ Б В.2.7-45.

Використання розроблених неавтоклавної газобетонів забезпечить зведення енергоєфективних огорожувальних конструкцій з оптимальними техніко-економічними показниками.

### **Література**

1. Саницький М.А. Енергозберігаючі технології в будівництві: навч. посібник / М.А. Саницький, О.Р. Позняк, У.Д. Марущак. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. – 236 с.

2. Pozniak O. Non-autoclave aerated concrete from modified binders composition containing supplementary cementitious materials / Pozniak O., Melnyk A. // Budownictwo I architektura. Politechnika Lubelska. – 2014. – Vol.13(2). – P.127-134.

3. Мельник А.Я. Ніздрюватий бетон неавтоклавної тверднення, одержаний з використанням техногенних відходів. / А.Я. Мельник, О.Р. Позняк // Збірник наукових праць «Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди». – 2013. – Випуск 26. – С.299-306.

УДК [629.12.06:697.9] (577.4)

**С.З. Поліщук<sup>1</sup>, докт. техн. наук, проф., В.М. Полторацька<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доц.,  
М.О. Романенко<sup>2</sup>, М.А. Ємець<sup>2</sup>, канд. техн. наук, ст. наук. співр.**

<sup>1</sup> Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, Україна,

<sup>2</sup> Інститут проблем природокористування та екології НАН України, Україна

## **СИСТЕМИ ЖИТТЄЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ЦИВІЛЬНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ: ПОКАЗНИКИ ЇХ ЕКОЛОГІЧНОСТІ**

**S.Z. Polishchuk, Dr., Prof., V.M. Poltoratska, Ph.D., Assoc. Prof., M.O. Romanenko,  
M.A. Yemets, Ph.D., Senior Scientist**

### **LIFE SUPPORT SYSTEMS FOR CIVIL ENGINEERING OBJECTS: INDICATORS OF THEIR ENVIRONMENTAL FRIENDLINESS**

Питанням визначення екологічності різних технологічних процесів та систем за останні роки приділяється значна увага. Актуальними ці питання є також для сучасних інженерних систем життєзабезпечення об'єктів житлового та комунального господарства.

Життєзабезпечення об'єктів цивільної інженерії - це важлива соціально орієнтована ланка економіки країни, багатогалузевий господарський комплекс, до складу якого входять теплопостачання, водопостачання та водовідведення, газопостачання, електропостачання тощо.

Аналізуючи переваги, недоліки та можливості використання різних підходів до оцінки систем життєзабезпечення об'єктів промислового господарства встановлено, що характеризувати екологічність різних технологій можна через наступні показники:

- навантаження на природне середовище, але при цьому повинні бути використані інтегральні, а краще комплексні показники, які поки недостатньо розроблені;
- зміни стану навколишнього середовища під впливом різних технологій. Це більш досконала оцінка, однак методи прогнозування через не розробленість і недостатні відомості про стан природних і порушених екосистем, виявляються неефективними (необхідні трудомісткі розрахунки змін в компонентах навколишнього середовища і прогнози їх наслідків, велика ступінь невизначеності);
- техноємності навколишнього середовища та природоємності технологічних процесів і виробництв;
- збитків природному середовищу і ризику (є методики визначення збитків від забруднення водних об'єктів, атмосфери, земель, інтенсивно розробляються методи оцінки екологічного ризику).

Об'єктивною і повною є оцінка "природоємності" технологій, однак механізм такої оцінки поки не опрацьовано в повній мірі. Але зараз вже можна запропонувати деякі підходи до вирішення цього питання.

Мета роботи - дослідження систем життєзабезпечення об'єктів житлового та комунального господарства на забрудненість і загальний екологічний стан компонентів навколишнього природного середовища, а також розробка наукових підходів до кількісного методу диференціальної і комплексної оцінки їх екологічності.

Теоретичні завдання даних досліджень вирішуються з використанням системного аналізу, що характеризується додатком методів і моделей теорії систем для прийняття рішень; комплексу логістичних та математико-статистичних методів і процедур, спрямованих на отримання від фахівців інформації, необхідної для підготовки та вибору



раціональних рішень оцінки екологічності систем життєзабезпечення об'єктів житлового та комунального господарства.

Аналіз напрямків та масштабів впливу основних систем життєзабезпечення об'єктів промислової інженерії на різні компоненти навколишнього природного середовища свідчить про наступне:

- системи життєзабезпечення об'єктів промислової інженерії впливають на всі компоненти навколишнього природного середовища;
- цей вплив на довкілля має широкий діапазон - від його відсутності до значного впливу;
- значні впливи на довкілля характерні для його опосередкованого виду, коли вони проявляються далеко за межами розташування систем життєзабезпечення об'єктів промислової інженерії (наприклад, для системи теплопостачання - це теплові, атомні чи інші електростанції тощо).

Наведені обставини вимагають пошуку нетрадиційних методів та критеріїв оцінки екологічності систем життєзабезпечення об'єктів промислової інженерії.

Аналізуючи публікації з проблем енергозбереження та енергоємності технологічних процесів пропонується в якості критерія оцінки екологічних збитків від систем життєзабезпечення об'єктів промислової інженерії використати енергоємність цих систем, яка обумовлює викиди в атмосферу парникових газів, що дозволить об'єднати в єдине ціле наслідки прямих та опосередкованих впливів, а також розглядати питання енергозбереження як інструмент для скорочення споживання енергії та зниження викидів парникових газів.

Враховуючи наведене, екологічність систем життєзабезпечення об'єктів промислової інженерії може бути представлена за наступною формулою

$$E_{СЖ} = 3B \sum_i^n EC_i, \text{ гС}_{\text{екв}} / \text{м}^2$$

де  $3B$  - середній викид парникових газів на 1 кВт-годину виробленої електроенергії на електростанціях різних типів з урахуванням структури її виробництва в країні,  $\text{гС}_{\text{екв}}$  (грам вуглецевого еквіваленту);  $EC_i$  - енергоємність  $i$ -ї системи життєзабезпечення об'єктів промислової інженерії, кВт-годин/м<sup>2</sup>.

Як показують результати досліджень, за показниками екологічності системи життєдіяльності промислової інженерії можна розділити на три групи.

До першої групи відносяться системи з надзвичайно низькими показниками екологічності (високими показниками викидів парникових газів) - теплопостачання, електропостачання, водопостачання гарячої води.

Другу групу складають системи з середніми показниками екологічності - газопостачання, вентиляція примусова, водопостачання холодної води.

До третьої групи слід віднести досить екологічні системи життєдіяльності промислової інженерії - кондиціонування, циркуляція, каналізація.

В процесі удосконалення систем життєдіяльності промислової інженерії слід звернути особливу увагу на теплопостачання та водопостачання гарячої води. Для цих систем формування значної частки впливу на навколишнє природне середовище (80-85%) припадає на стадію споживання відповідних послуг.

УДК 624.014.078.45

**В.О. Попель**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ТРИМКІСТЬ ЗВАРНИХ ТРУБЧАСТИХ ФЕРМ ПРИ ПОЖЕЖІ**

**V.O. Popel**

### **RESISTANCE OF WELDED TUBULAR TRUSSES IN FIRE**

Збереження несучої здатності зварними будівельними конструкціями, зокрема фермами, при дії високої температури в умовах пожежі визначає надійність і довговічність будівель та споруд в цілому. Проектні розміри для таких конструкцій визначають з врахуванням різних факторів впливу (робочі навантаження, власна вага, сніг, вітер, кліматичні температурні зміни, сейсмічні впливи тощо).

Метою дослідження є виявлення впливу підвищених температур, характерних для пожежної ситуації, на деформування, пошкодження та руйнування зварних трубчастих ферм.

Дослідження виконано з використанням прикладного програмного комплексу ANSYS, який алгоритмічно базується на методі скінченних елементів (МСЕ). Визначальними параметрами, які формують несучу здатність досліджуваної ферми, механізми її деформування і руйнування при незмінній величині і схемі навантаження, є показники міцності конструкційного матеріалу ферми.

Відомо, що при підвищенні температури відчутно знижуються показники міцності сталей, з яких виготовляють фермові конструкції. Так класична діаграма розтягу при різних температурах для сталі ВСтЗпс подана на рис. 1 [1].

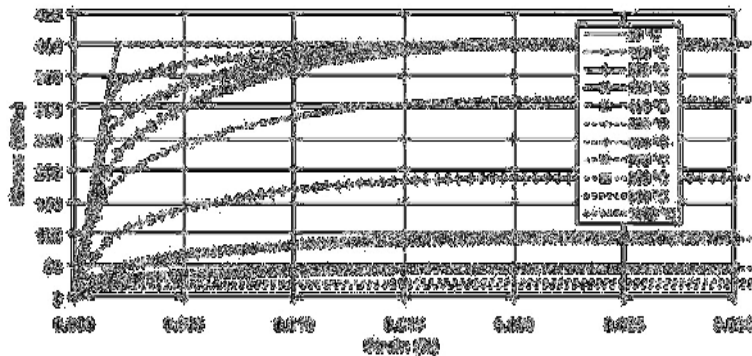


Рисунок 1. Діаграма деформування сталі ВСтЗпс при різних температурах

За результатами дослідження виявлено, що підвищення температури конструкції при пожежі до 500<sup>o</sup>С знижує її несучу здатність на 34% для ферм з кутникового профілю [2] і на 36% для трубчастих ферм, що зазвичай, вище, ніж закладений при проектуванні запас міцності ферми.

Результати досліджень доцільно застосувати при проектуванні зварних ферм.

#### **Література**

1. Chung, T. T. (2010). Analysis of Thermally Induced Forces in Steel Columns subjected to Fire. Texas, USA.
2. Ковальчук Я.О. Особливості напружено-деформованого стану зварної ферми з урахуванням температурних впливів / Я.О. Ковальчук, Н.Я. Шингера, Рибачок О.І., Бойчук А.В., Бобик М.П. // Науково-технічний збірник «Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві»: – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця. –2012. – №2 (13) – С. 16–19.

УДК 69.059.7: 69.003.13:65.011

<sup>1</sup>I.M. Постернак, канд. техн. наук, доц., <sup>2</sup>С.О. Постернак, канд. техн. наук, доц.

<sup>1</sup>Одеська державна академія будівництва та архітектури, Україна

<sup>2</sup>ПП «Композит», Україна

## СУЧАСНА ЕНЕРГОРЕКОНСТРУКЦІЯ ІСТОРИЧНОЇ ЗАБУДОВИ ОДЕСИ

I.M. Posternak, Ph.D., Assoc. Prof., S.A. Posternak, Ph.D., Assoc. Prof.

### MODERN ENERGY RECONSTRUCTION HISTORICAL DEVELOPMENT OF ODESSA

Розвиток виробництва – комплексний процес, що включає наукові дослідження, проектування конструювання, експериментування й впровадження нових досягнень у виробництво. Управління розвитком є процес впливу на науковців, проектувальників, експериментаторів, виробничників для забезпечення досягнення цілей розвитку. Труднощі управління розвитком полягають в тому, що учасники цього процесу нерідко організаційно роз'єднані, працюють у різних організаціях і структурах.

Будівельна організація, як і будь-яке інше підприємство, проходить певний життєвий цикл (закон онтогенезу), що включає ряд етапів: створення, становлення, робота в постійному режимі, розвиток, ліквідація. На кожному етапі функції підприємства істотно міняються. У період створення підприємство не працює. Працює система, що створює дане підприємство.

Відповідно до мінливих соціально-економічних умов життя в міському організмі закономірно відмирають старі тканини й народжуються нові, тому відновлення міст відбувається послідовно, шляхом заміни застарілих матеріальних фондів і поступового перетворення на цій основі планувальної структури в цілому або її окремих елементів.

Містобудівна реконструкція – це цілеспрямована діяльність по зміні містобудівної раніше сформованої структури, що обумовлено потребами розвитку й удосконалювання.

Реконструкція – матеріальний результат, стан забудови тепер, а також безперервний процес, що проходить у кожному місті по-різному залежно від попереднього розвитку й сучасних вимог.

На законодавчому рівні в Одесі діють: Програма підтримки інвестиційної діяльності на території міста Одеси на 2016...2018 роки, прийняття якої обумовлено необхідністю створення умов для активізації інвестиційної діяльності, спрямованої на поліпшення середовища для ведення ділової й економічної діяльності, поліпшення загальних макроекономічних показників, як наслідок забезпечення постійного соціально-економічного розвитку міста Одеси; і Комплексна Програма розвитку будівництва в місті Одесі на 2013...2018 року, що спрямована на рішення таких основних проблемних питань містобудівної сфери міста Одеси, як розвиток житлового будівництва, а також відновлення технічного стану об'єктів соціально-побутового призначення й інженерно-транспортної інфраструктури [1].

Реконструкція історичної забудови має велике соціально-економічне значення. Її основні завдання складаються не тільки в продовженні терміну служби будинків, але й поліпшенні умов проживання, оснащенні житлових будинків сучасним інженерним устаткуванням, підвищенні експлуатаційних характеристик і архітектурної виразності. В Одесі в контексті міжнародної інтеграції до стандартів енергоефективних будинків діють міські цільові програми: Міська цільова програма включення центральної історичної частини забудови Одеси до основного списку Всесвітньої спадщини ЮНЕСКО

на 2013...2018 роки і Міська Програма енергоефективності м. Одеси на 2013...2018 роки [1].

У результаті незадовільного стану житлового фонду, вулично-шляхової мережі, інженерних комунікацій, погіршення комфортності проживання, і в цілому втрати цілісності сприйняття історичного середовища в центральному історичному ареалі міста, а також погіршення туристичної й інвестиційної привабливості міста розробляється комплексна цільова програма «Збереження автентичної забудови й розвитку історичного центра Одеси» [1].

У містобудуванні проявляється тенденція до інтеграції, як у сфері матеріального виробництва, так і в сфері управління. Розширене відтворення вимагає подальшого підвищення рівня поділу праці, концентрації й спеціалізації будівельного виробництва, інтенсифікації обміну результатами виробничо-господарської діяльності. У якості однієї з перспективних форм інтеграції виступають у містобудівній структурі різні комплекси. У процесі формування планів соціального й економічного розвитку великих міст всі частіше складається ситуація, коли для підвищення ефективності використовуваних фінансових, матеріальних і трудових ресурсів потрібна не просто концентрація зусиль, але й нові прогресивні форми організації будівельного виробництва. Нами пропонується створити корпоративні комплекси, що мають різні масштаби, мети, структуру (у містобудівній реконструкції – Корпоративні науково-технічні комплекси містобудівної енергореконструкції "КНТК МЕРек") [1..3].

Однією з найбільш важливих функцій управління розвитком комплексу містобудівної реконструкції є забезпечення апарата управління науково-технічною інформацією (бібліографічною, архівною, архітектурно-будівельною) по реконструкції (реставрації) історичної забудови. Наявність такої інформації дозволить на кожному етапі (концептуальному, організації фінансування, проектному, організації й проведення будівельно-монтажних і реставраційних робіт) найбільше повно і якісно визначати напрямки розвитку й реалізовувати поставлені цілі.

Виділені по підсистемах виробництва функції управління розвитком включають управління технічним організаційним, економічним і соціальним розвитком. Необхідна комплексна реалізація цих функцій (закон пропорційності). Досвід показує, що однобічний розвиток не дає відчутного ефекту, якщо не супроводжується відповідним розвитком пов'язаних з ним інших підсистем. Розвиток форм організації виробничих підрозділів спрямований на розширення й доцільне сполучення спеціалізації, комбінування й концентрації.

Управління розвитком організації виробництва на об'єктах історичної забудови Одеси має на меті забезпечити погоджену, безперебійну, ритмічну роботу всіх учасників будівельного процесу, і як результат скорочення термінів реконструкції.

#### **Література**

1. Постернак И. М., Постернак С. А. Корпоративная структура в градостроительной энергореконструкции Одессы. *Інноваційний розвиток: стратегічний погляд у майбутнє*: матеріали VI Всеукр. наук.-практ. конф., 6 квітня 2017 р.; Тернопільський нац. технічний ун-т ім. І. Пулюя. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2017. С. 47–48.

2. Постернак И. М., Постернак С. А. Неавтоклавный пенобетон в конструкциях и изделиях комплекса градостроительной энергореконструкции. *Актуальні задачі сучасних технологій = Current issues in modern technologies*: тези доповідей V Міжнародної науково-технічної конф., 17–18 листопада 2016 р.; Тернопільський нац. технічний ун-т ім. Івана Пулюя. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2016. Т. 1. С. 48–49.

3. Постернак И. М., Постернак С. А. Энергоменеджмент в градостроительной реконструкции исторической застройки Одессы. *ОСББ: досвід, виклики, перспективи*: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 30 січня 2017 р.; Тернопільський нац. технічний ун-т ім. І. Пулюя. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2017. С. 30–31.

УДК 621.914

М.Р. Паньків канд.тех. наук, доц, С. Семенчук

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕСУ ТОЧІННЯ

М.Р. Pankiv Ph.D, Assoc. Prof, S. Semenchuk

### RESEARCH OF DYNAMIC DESCRIPTIONS OF SHARPENING

Для отримання якісної поверхні деталі в процесі різання необхідно забезпечити сталий рух заготовки та інструменту за теоретично розрахованою траєкторією. Однак, на практиці під час різання виникають різні динамічні явища, що суттєво впливають як на процес геометричного формоутворення так і на фізичний плин самого процесу обробки. Аналіз літературних джерел дозволив зробити висновок, що основною причиною виникнення нерівностей поверхні, і зокрема хвилястості, під час точіння є вібрації, що обумовлює важливість дослідження динамічних явищ, які виникають при роботі в ТС, їхньої ролі при формоутворенні поверхні. У зв'язку зі швидкоплинністю динамічних процесів, що виникають при обробці різанням, складністю вимірювання їх параметрів безпосередньо у виробничих умовах, актуальним є дослідження динамічних характеристик ТС за допомогою імітаційних моделей. Адекватна імітаційна модель процесу різання в замкненій ТС дозволить проводити дослідження впливу параметрів динамічної системи на сталість процесу різання, обирати такі значення цих параметрів, що забезпечуватимуть необхідні динамічні характеристики. Імітаційна модель дозволяє розраховувати переміщення, що виникають в процесі різання вібрації технологічної оброблювальної системи (ТОС) суттєво знижують продуктивність обробки, стійкість інструменту, негативно впливають на якість обробленої поверхні: знижується точність та підвищується шорсткість.

Отже, математична модель процесу точіння повинна будуватись з урахуванням замкненості ТОС, відтворенням найбільш впливових зворотних зв'язків. Якщо у якості вхідних величин прийняти параметри процесу різання: задані глибину  $H_z$ , подачу  $S_z$ , і швидкість  $V_z$ , різання, а у якості вихідних величин - складові  $P_x, P_y, P_z$  сили різання. Вперше глибокі наукові дослідження силових залежностей при різанні були виконані К. О. Зворикіним, за результатами яких було запропоновано математичну модель для визначення головної складової сили різання:

$$P_z = k_z b^{x_{Pz}} a^{y_{Pz}}$$

де  $k_z$  - коефіцієнт пропорційності, який визначає вплив всіх факторів процесу оброблення за винятком ширини  $b$  та товщини  $a$  шару припуску, що зрізується. Будь-які зміни факторів процесу оброблення вимагають визначення чисельного значення цього коефіцієнта. Крім того, за заданих умов оброблення невідомими величинами в запропонованій формулі є показники степеня  $x_{Pz}, y_{Pz}$ , для визначення яких необхідно виконати експериментальні дослідження впливу ширини  $b$  та товщини  $a$  шару припуску, що зрізується, на величину складової  $P_z$  сили різання.

До переваг даного способу належать розширення технологічних можливостей і отримання еліпсних гвинтових перервних поверхонь деталей відповідної точності і якості. Крім того, даний спосіб можна використовувати і для шліфування еліпсних поверхонь встановивши замість різця в поздовжній супорт шліфувальний круг з індивідуальним приводом.

УДК 621.8

Л.Р.Рогатинська, Т.С. Дубиняк, Ю.А. Заставний, П.О. Леськів  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ВПЛИВ ЗАЗОРІВ НА СИЛУ КОНТАКТНОЇ ВЗАЄМОДІЇ В ДЕТАЛЯХ ПРИВОДУ КОНВЕЄРІВ

L.R. Rogatynska.; T.S. Dubyniak; Yu A Zastavnyi; P.O. Les'kiv  
INFLUENCE OF THE BACKLASH ON THE POWER OF CONTACT  
INTERACTION OF DETAIL OF DRIVE OF CONVEYOR

Експлуатація машин, зокрема конвеєрів, пов'язана із змінними динамічними навантаженнями. При цьому в спряжених із зазором деталях приводу виникають ударні контактні напруження.

Згідно розв'язку контактної задачі Герца, поточна сила взаємодії двох тіл при пружному контакті:

$$P_{ij} = k_{ij} a_{ij} u_{ij} = k_{ij} u_{ij}^{3/2} / \sqrt{K_i + K_j}, \quad (1)$$

де  $k_{ij}$  - коефіцієнт, що враховує пружні властивості тіла контакту;  $u_{ij}$  - величина жорсткого зближення в контактній задачі Герца;  $a_{ij}$  - розрахунковий радіус площадки контакту;  $K_i$  та  $K_j$  - кривини поверхонь об'єктів (частинок) в точці контакту (для вгнутих поверхонь із знаком мінус).

Тут

$$k_{ij} = \frac{4}{3} \left/ \left( \frac{1 - \mu_i^2}{E_i} + \frac{1 - \mu_j^2}{E_j} \right) \right.,$$

де  $\mu_i$  та  $\mu_j$  - коефіцієнт Пуассона матеріалу поверхонь контакту;  $E_i$  та  $E_j$  - модуль Юнга матеріалу поверхонь контакту.

Для випадку взаємодії тіл, відмінних від куль, площадка контакту буде не круглою і для поверхні контакту визначається приведена кривина, яку, в першому наближенні, приймаємо рівну середній кривині поверхні  $K_i = H_i$ .

Якщо поверхні контакту описати у вигляді неявних функцій одиничного градієнту,  $f_i = f_i(x, y, z) = 0$ , то за величину жорсткого зближення в точці контакту  $E$  можна умовно вважати глибину проникнення одного геометричного об'єкту в інший.

В цьому випадку величина жорсткого зближення буде

$$u_{ij} = \Delta h_i + \Delta h_j = -[f_{iE}(x_E, y_E, z_E) + f_{jE}(x_E, y_E, z_E)],$$

де  $\Delta h_i$  та  $\Delta h_j$  глибини проникнення кожного об'єкту відносно розрахункової точки контакту (зближення)  $E$ .

Для визначення зміни глибини проникнення та контактної сили в часі реалізовано обчислюваний експеримент, за результатами якого встановлено, що зміну в часі сили контакту  $P_{ij} = P_{ij}(t)$  спряжених деталей при ударі можна апроксимувати функцією, аналогічною бета-функції, в якій фіксованими параметрами розподілу є максимальна сила ударної взаємодії  $P_{ij\max}$ , що сприймає робочий орган та асиметрія удару  $\tau$ , що визначається відношенням часу  $t_{\max}$  досягнення максимуму ударної сили до всього часу контакту  $t_k$ :

$$P_{ij}(t) = P_{ij \max} \left( \frac{t}{\tau \cdot t_k} \right)^\varepsilon \left[ \frac{t_k - t}{t_k(1-\tau)} \right]^{\varepsilon(1-\tau)/\tau}, \quad (2)$$

де  $\varepsilon$  - коефіцієнт форми кривої, для пружного удару  $\varepsilon = 1,5$ , для в'язко-пластичного  $\varepsilon < 1,5$ ;  $\tau$  - параметри асиметрії кривої взаємодії,  $\tau = t_{\max} / t_k$ , для симетричної кривої  $\tau = 0,5$ .

Прийmemo, що маса елемента  $j$  суттєво більша маси елемента  $i$ ,  $m_j > m_i$ . Тоді, згідно закону збереження імпульсу,  $i$ -ий елемент масою  $m_i$  при ударі змінює величину та напрям руху (відбивається від поверхні масивного елемента) і, відповідно, виконується співвідношення

$$m_i (\bar{v}_{i-} - \bar{v}_{i+}) = -\bar{n}_i \cdot \int_0^{t_k} P_{ij} dt, \quad (3)$$

де  $\bar{v}_{i-}$  та  $\bar{v}_{i+}$  відповідно, швидкість зближення (до контакту) деталей з початковим зазором  $\Delta$ , та швидкість відскоку елемента приведеною масою  $m_i$ ;  $\bar{n}_i$  - вектор нормалі до поверхні елемента  $j$ .

Представимо імпульс кількості руху при ударі у вигляді

$$\int_0^{t_k} P_{ij} dt = \xi_{ij} P_{ij \max} t_k,$$

де  $\xi_{ij}$  - коефіцієнт що враховує форму кривої  $0,4 \leq \xi_{ij} \leq 0,6$ . Для пружних тіл  $\xi_{ij}$  приймає менші значення із вказаного діапазону. Тоді залежність (3) прийме вигляд

$$m_i (1 + k_{\text{від}}) v_i = \int_0^{t_k} P_{ij} dt = \xi_{ij} P_{ij \max} t_k, \quad (4)$$

де  $k_{\text{від}}$  - коефіцієнт відновлення при ударі,  $k_{\text{від}} = -|\bar{v}_{i+}| / |\bar{v}_{i-}|$ .

У випадку, якщо поверхня  $i$ -ої деталі описана функцією одиничного градієнту  $f_i = f_i(x, y, z) = 0$ , то швидкість його нормального зближення із робочою поверхнею буде  $v_i = d f_i / d t = d f_i(x, y, z) / d t$  і визначається як

$$v_i = d f_i / d t = \sqrt{2 P_{\text{прив}} \Delta / m_{\text{прив}}}, \quad (5)$$

де  $P_{\text{прив}}$  та  $m_{\text{прив}}$  - відповідно приведені до ударної зони контакту сила дії приводу при стаціонарному русі та маса рухомих складових конвеєра;  $\Delta$  - зазор в спряженні.

Відповідно, рівняння (4) прийме вигляд

$$m_i (1 + k_{\text{від}}) d f_i(x, y, z) / d t = \int_0^{t_k} P_{ij} dt = \xi_{ij} P_{ij \max} t_k. \quad (6)$$

Тоді, за умови відомого часу контакту, максимальну силу ударної взаємодії можна визначити за залежністю

$$P_{ij \max} = [m_i (1 + k_{\text{від}}) / (\xi_{ij} t_k)] d f_i(x, y, z) / d t. \quad (7)$$

Проведені дослідження показали, що час контакту мало залежить від швидкості контактного зближення і, відповідно, максимальна сила ударної взаємодії, в першому наближенні, буде прямо пропорційна швидкості контактного зближення

$$P_{ij \max} = C_E m_i v_i = C_E m_i \sqrt{2 P_{\text{прив}} \Delta / m_{\text{прив}}}, \quad (8)$$

де  $C_E = (1 + k_{\text{від}}) / (\xi_{ij} t_k)$  - часовий параметр моделі, постійний для певної пари деталей в умовах ударної взаємодії.

**УДК 631.331.922**

**Т.І. Рибак докт. техн. наук, проф., А.С. Харов**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **МОДЕРНІЗАЦІЯ СТАЦІОНАРНОГО ПРОТРУЮВАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ**

**T.I. Rybak Dr., Prof., A.S. Kharov**

### **MODERNIZATION OF STATIONARY SEEDS PROTECTOR COMPLEX**

Вирощування сільськогосподарської продукції рослинництва без застосування хімічного захисту є практично неможливим. Особлива його роль на початковій стадії – при обробці насінневого матеріалу. Нехтування даним агротехнічним прийомом веде за собою різке погіршення фітосанітарної ситуації на посівних площах.

Звичайно, що хімічний захист рослин – це один з найнебезпечніших агроприймів як для живих споживачів кінцевого продукту, так і для екосистеми в цілому. Небезпека тут криється не завжди у використанні того чи іншого хімічного препарату за своїм складом, а в дотриманні його концентрації (норми нанесення) на об'єкті обробки. Тому конструювання сільськогосподарських машин, протруювачів, повинне бути направлене на забезпечення високоякісного дозування та нанесення робочих рідин на зерновий матеріал. А сама робота протруювача має бути безпечною для обслуговуючого персоналу на протруювальних пунктах.

Аналізуючи процес роботи стаціонарного протруювача ПКС-20, виділимо такі основні операції, що ним виконуються: приготування робочих рідин; завантаження насіння після очищення; дозування насіння і робочих рідин залежно від встановленої продуктивності протруювача; нанесення препаратів на насіння; вивантаження протруєного насіння. Якщо процес подачі насіння та дозування робочого препарату є автоматизованими, то при вивантаженні існують певні незручності в плані ефективного та безпечного перевантаження готового продукту у мішкову тару чи кузови транспортних засобів.

Запропоноване вдосконалення полягає в дообладнанні технологічної схеми протруювача шнеком-змішувачем. Основне його призначення – це відбирати протруєне насіння із змішувальної камери, змінювати його напрямок та направляти до певного накопичувача (бункера, мішка чи іншої тари). При цьому, звичайно, разом із транспортуванням відбувається значне перемішування транспортованого матеріалу. Крім того, якщо порожнину кожуха шнека під'єднати до витяжної вентиляції, то мінімізується потрапляння шкідливих речовин в робочу зону оператора.

Конструкція шнека-змішувача буде обумовлена габаритами вільної зони для його монтажу, привод від окремого електродвигуна. Шнек-змішувач може служити як індивідуальним об'єктом для наповнення мішко-тари, так і проміжним транспортуючим пристроєм для заповнення бункера-накопичувача, наприклад, в парі з ваговим механізмом для формування дозованого об'єму насіння в різні упаковки.

В економічному плані це дозволить підвищити продуктивність цілого агрегата, оскільки будуть виключені зупинки всієї технологічної лінії через необхідність заміни заповненої тари. Це забирає багато часу, якщо вона під'єднана до вихідної горловини змішувальної камери. Розробка додаткового шнека-змішувача в парі з бункером-накопичувачем дозволить розділити ці процеси: протруювання, вивантаження (з можливістю фіксованого розфасування).



**УДК 631.369**

**Д.В. Самборський, М.А. Сорока, А.Д. Довбуш**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПОДРІБНЕННЯ КОРМІВ ЗА РАХУНОК ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ МОЛОТКОВОЇ ДРОБАРКИ**

**D.B. Samborskyi, M.A. Soroka, A.D. Dovbush**

### **IMPROVING THE QUALITY OF GRINDING FOOD FOR ANIMALS BY IMPROVING THE DESIGN OF THE HAMMER MILL**

В умовах промислового виробництва тваринницької продукції актуальною стає проблема виробництва достатньої кількості кормів високої якості. Подальше зміцнення кормової бази здійснюється на основі підвищення урожайності культур і підвищення ефективності їх підготовки до згодовування.

Кормовий раціон тварин повинен бути збалансований майже за 20 компонентами. Збалансована за всіма вимогах кормосуміш, яка включає подрібнення коренеплодів та концентрованих кормів дозволить на 10...50% зменшити витрати кормів, не знижуючи продуктивність тварин.

Для подрібнення концентрованих кормів використовують різного роду дробарки. Недоліками відомих молоткових дробарок є те, що у процесі стирання продукту об поверхню сита, забиваються його отвори. Тому оброблюваний матеріал повільно відходить з робочої зони. Як наслідок - низька продуктивність і погана якість подрібнення, великі енерговитрати і тяжкі умови праці оператора. У роботі проведено обґрунтовані конструкторські рішення які дають змогу підвищити продуктивність і якість подрібнення концентрованих кормів.

Дробарка працює наступним чином. Зерно з приймального бункера заповнює впадини шестерень, які при їх обертанні захоплюють зернову масу. За рахунок значного крутного моменту, який створюється на вихідному валу, стиснуте зерно між зубом і впадиною подрібнюється і заповнюється не тільки між впадиною і зубом, але й торцями шестерень. Коли зуб шестерні виходить із зачеплення і зусилля тиску на подрібнену масу падає, тоді вона висипається з патрубка за рахунок дії відцентрової сили і гравітаційних сил. Готовий продукт висипається в вигляді пластинок різної конфігурації товщиною 0,7...0,8 мм. Частина вологи, яка знаходиться в зерні при подрібненні перетворюється в пару. Ця пара заповнює впадини шестерень при виході з них зубів і переноситься шестернями із зони готового продукту в зону подрібнення зерна. Охоплюючи холодне зерно пара конденсується. Волога осідає на поверхні зерна зволожуючи його верхній шар, а тепло, яке при цьому звільняється нагріває зерно [2].

Таким чином при подрібненні зерна шестеренчастою дробаркою концентрованих кормів зерно не має пиловидних частинок і менше втрачається при перевантаженнях, транспортуванні і годівлі. Обеззаражене, обезводнене подрібнене зерно краще зберігається і поїдається тваринами, що призводить до підвищення їх продуктивності [1].

#### **Література**

1. Ревенко І.І., Манько В.М., Кравчук В.І., *Машиновикористання у тваринництві*. - К.: Урожай, 1999. - 207с.
2. Пат. № 21288 Україна, В02 С 4/02. Пристрій для приготування концентрованих кормів: І.М. Вільовка, О.О. Кузьменко (Україна). – №93121686; Заявл. 04.11.1997; Опубл. 27.02.1998.

УДК 535.2:616-71

**А.Б. Саміляк доц., М.О. Безуглий**

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

## **МОДЕЛЮВАННЯ СВІТЛОРОЗСІЯННЯ ШКІРОЮ ЛЮДИНИ В ЗАДАЧАХ ОПТИМІЗАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ БІОМЕДИЧНОГО ФОТОМЕТРУ**

**A.B. Samilyak, Assoc. Prof., M.A. Bezuglyi**

### **MODELING OF LIGHT SCATTERING IN HUMAN SKIN FOR OPTIMIZATION OF BIOMEDICAL PHOTOMETER PARAMETERS**

Новітні методи оптичної біомедичної діагностики, а також дозозалежної фото- та лазерної терапії завдяки неінвазивності (малоінвазивності) віднаходять все більшого поширення як в клінічній дослідницькій практиці, так і при розробці приладів та систем широкого застосування. При цьому, одним з перспективних методів та створених на його основі засобів вважається фотометрія еліпсоїдальними рефлекторами [1,2]. Адекватність її математичного апарату та підтвержені експериментальні результати дозволяють здійснювати оптичну біометрію середовищ, а також проводити просторовий аналіз розсіяного світла [3], фотометричний аналіз як у відбитому, так і у пропущеному біологічним зразком світлі [4]. Важливим аспектом є те, що оптична біометрія середовищ еліпсоїдальними рефлекторами можлива як для дослідження у умовах біопсійного експерименту, так і в умовах *in vivo* на цілісному організмі. Основним органом при неінвазивній оптичній діагностиці, ефекти світлорозсіяння на якому є визначальними для всього комплексу дослідження, вважається шкіра. Тому метою даної роботи є оцінка впливу ключового параметру еліпсоїдального рефлектора, а саме його фокального параметру, що визначає розміри вхідного вікна приладу, на просторовий розподіл зареєстрованого світла при біометрії шкіри людини.

У даній роботі досліджено світлорозсіяння на зразках шкіри людини, анатомічне розташування яких відповідає плечу та спині. Моделювання проводилося за допомогою програмного забезпечення для еліпсоїдальної фотометрії власної розробки. Шарами шкіри, в яких здійснювалось моделювання, є роговий шар, епідерміс та дерма. Умову експерименту у відбитому (дифузно розсіяному назад) світлі забезпечила симуляція поширення оптичного випромінювання також у жировій та м'язовій тканинах. Оптичними властивостями є показник заломлення, коефіцієнт поглинання, коефіцієнт розсіювання та фактор анізотропії розсіяння кожного шару. Для рогового шару показник заломлення  $n=1.5$ , коефіцієнт поглинання  $\mu_a=0.1 \text{ см}^{-1}$ , коефіцієнт розсіяння  $\mu_s=100 \text{ см}^{-1}$ , фактор анізотропії розсіяння  $g_{HG}=0.8$ , товщина зразку шкіри з плеча і спини для цього шару 0.0035 і 0.0031 см. Для епідермісу  $n=1.34$ ,  $\mu_a=0.15 \text{ см}^{-1}$ ,  $\mu_s=45 \text{ см}^{-1}$ ,  $g_{HG}=0.8$ , товщина зразків 0.0107 і 0.01 см. Для дерми  $n=1.39$ ,  $\mu_a=0.073 \text{ см}^{-1}$ ,  $\mu_s=20 \text{ см}^{-1}$ ,  $g_{HG}=0.76$ , товщини - 0.246 і 0.371 см. Для жирової тканини показник  $n=1.44$ ,  $\mu_a=0.068 \text{ см}^{-1}$ ,  $\mu_s=15 \text{ см}^{-1}$ ,  $g_{HG}=0.8$ , товщина жирової тканини 0.072 см для плеча і 0.083 см для спини. М'язова тканина  $n=1.37$ ,  $\mu_a=2 \text{ см}^{-1}$ ,  $\mu_s=215 \text{ см}^{-1}$ ,  $g_{HG}=0.9$  відповідно, остання тканина має товщину 1 см для шкіри плеча і спини.

Було проведено серію модельних експериментів для 6 випадків: по 3 для кожного зі зразків шкіри при змінному фокальному параметрі (15, 20 та 25 мм) та незмінною величиною ексцентриситету (0.8). Просторовий розподіл розсіяного назад випромінювання при різних значеннях фокального параметру представлений на рис.1.

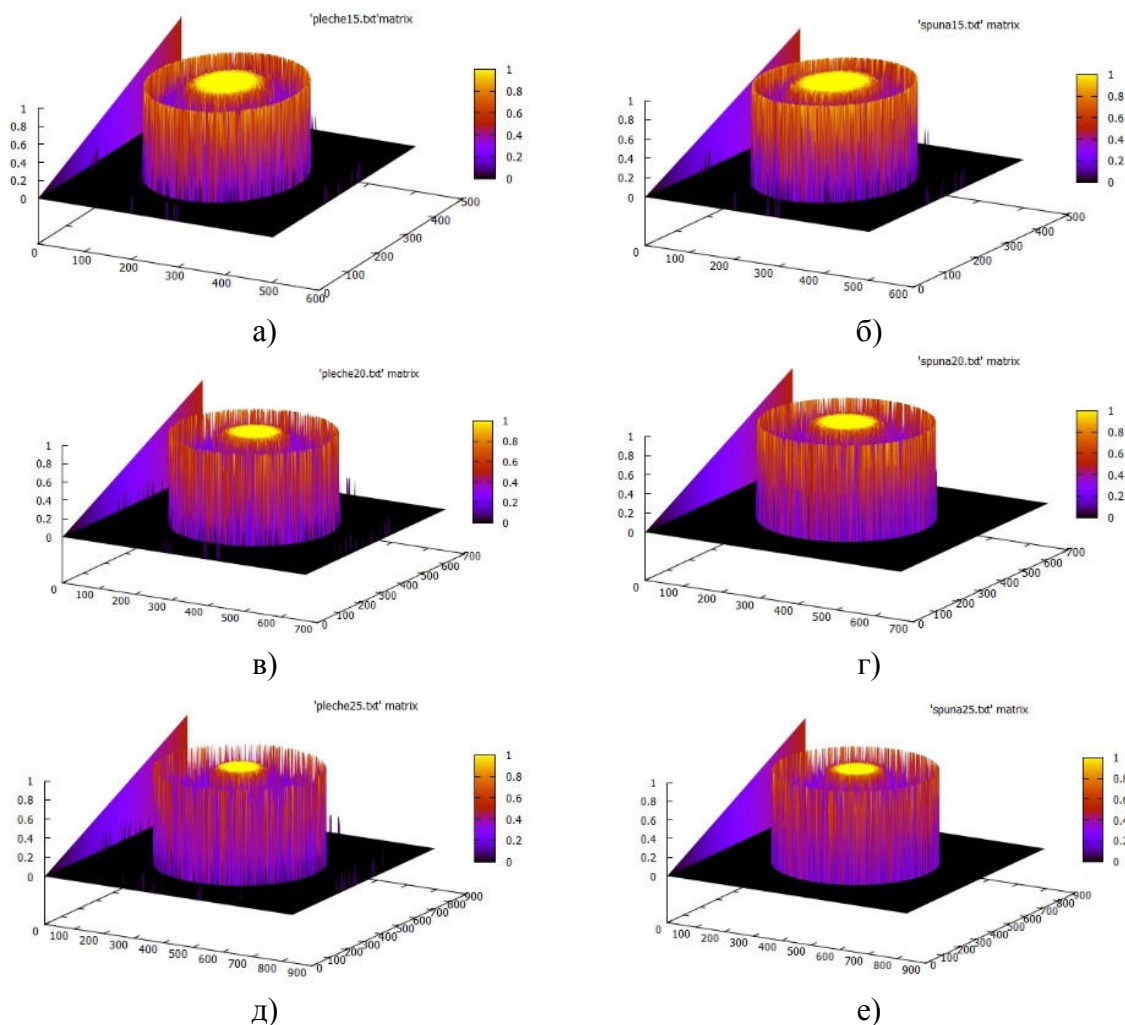


Рисунок 1. Просторовий розподіл розсіяного назад випромінювання шкірою плеча (а, в, д) та спини (б, г, е) для величин фокального параметру еліпсоїдального рефлектора 15 мм, 20 мм та 25 мм відповідно

Представлені результати моделювання (рис.1) показують однозначну залежність просторового розподілу розсіяного випромінювання різними ділянками шкіри людини від фокального параметру інформаційно-вимірювальної системи біомедичного фотометру. Зонний аналіз отриманих фотометричних зображень [4] дозволить дослідити характер цієї залежності і побудувати аналітичну модель для оптимізації інших параметрів біомедичного фотометру з метою підвищення питомої ваги зареєстрованого світла та достовірності подальшої біометрії досліджуваного середовища.

#### Література

1. M. A. Bezuglyi, N. V. Bezuglaya, and I. V. Helich, "Ray tracing in ellipsoidal reflectors for optical biometry of media," *Appl. Opt.* 56, 8520-8526 (2017).
2. Безуглий М. О. Метод фотометричного дзеркального еліпсоїда обертання для дослідження шорсткості поверхні / М. О. Безуглий, Д. В. Ботвиновський, В. В. Зубарев, Я. О. Коцур // *Методи та прилади контролю якості.* – 2011. – №27. – С. 77 – 83.
3. Bezuglyi, M., N. Bezuglaya, and A. Viruchenko. "On the possibility of ellipsoidal photometry and Monte Carlo simulation to spatial analysis of biological media." *Electronics and Nanotechnology (ELNANO), 2017 IEEE 37th International Conference on.* IEEE, 2017.
4. Безуглий М.А., Безуглая Н.В., Самияк А.Б. Обработка изображений при эллипсоидальной фотометрии // *Приборы и методы измерений.* 2016; 7(1): с. 67-76.

УДК 621.7.043

В.В. Сироватко

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## РОЗРОБЛЕННЯ ТА ОБГРУНТУВАННЯ СХЕМИ ФОРМОУТВОРЕННЯ КОНІЧНИХ ГВИНТОВИХ ЗАГОТОВОК

V.V. Syrovatko

### DEVELOPMENT AND SUBSTANTIATION SCHEMES FOR MAKING CONICAL SCREW BLANKS

Особливість процесу формоутворення конструктивних параметрів гвинтових заготовок конічної форми, в порівнянні з циліндричними, полягає в тому, що ширина (висота) січення  $B$  смужової заготовки трапецевидної або конічної форми, є величиною змінною і в загальному випадку задається формулою:

$$B = B_0 + \frac{\Delta B}{L} l, \quad (1)$$

де  $B_0$  – початкова ширина заготовки;  $L$  – довжина заготовки;  $l$  – поточне значення довжини;  $\Delta B = B_1 - B_0$  – приріст ширини смужової заготовки на довжині  $L$ .

При цьому енергосилові параметри процесу формоутворення теж будуть змінюватися: від мінімального значення на вужчому кінці смужової заготовки до максимального – на протилежному. Для згинного моменту достатньо визначити його найбільше значення, а для згинної сили необхідно встановити закономірність її зміни в залежності від ширини заготовки.

При дослідженні процесу навивання смужової заготовки трапецевидної форми на оправку, методом згину її на ребро, напружено-деформований стан в першому наближенні можна розглядати як плоско напружений (рис. 1).

При постійності деформованого об'єму, тобто, використавши, умову нестискування, закон зміни ширини поперечного січення, по всій довжині заготовки, описується залежністю

$$h = H_0 \sqrt{\rho_0 / \rho}. \quad (2)$$

Для гвинтових заготовок конічної форми, радіус нейтрального шару  $\rho_0$  в процесі навивання буде змінюватися в залежності від ширини заготовки. В загальному випадку значення  $\rho_0$ , можна записати у вигляді

$$\rho_0 = \frac{4\beta_y^2 \rho_c^2 \sqrt{\psi - 1}}{B \sqrt{\psi + 1}} \quad (3)$$

Умова рівноваги для плоского напруженого стану має вигляд

$$\begin{aligned} \frac{\partial \sigma_{r\theta}}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial \sigma_{\theta}}{\partial \theta} + \frac{\sigma_r - \sigma_{\theta}}{r} + \frac{\sigma_r}{h_r} \frac{\partial h_r}{\partial r} &= 0, \\ \frac{\partial \tau_{r\theta}}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial \sigma_{\theta}}{\partial \theta} + \frac{2\tau_{r\theta}}{r} + \frac{\tau_{r\theta}}{h_r} \frac{\partial h_r}{\partial r} &= 0, \end{aligned} \quad (4)$$

де  $\sigma_r$ ,  $\sigma_{\theta}$ ,  $\tau_{r\theta}$  відповідно радіальне, тангенціальне і дотичне напруження в полярних координатах.

Одержати замкнуте рішення рівнянь (4) разом із рівняннями пластичності, зв'язку між напруженням з деформаціями і умовою стискування по всій зоні пластичної деформації практично неможливо. Тому доцільно розглянути характер розподілу

змінного моменту, повздовжніх і дотичних сил по зоні деформації з тим, щоб визначити ділянку, де дотичні напруження зводяться до мінімуму.

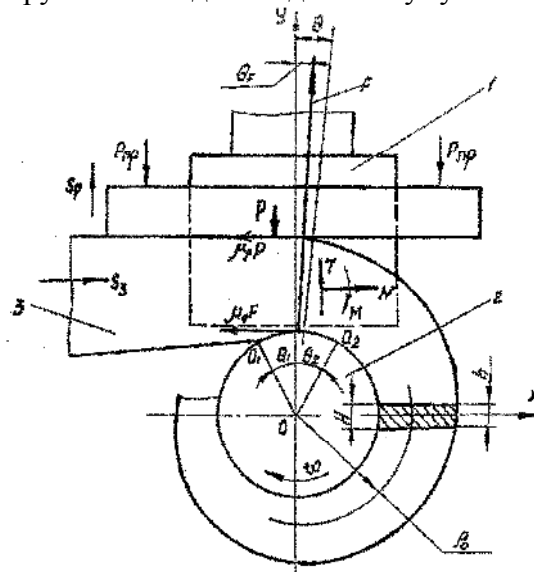


Рисунок 1. Розрахункова схема для визначення параметрів процесу навивання гвинтової заготовки конічної форми:

1 – ролик; 2 – оправка; 3 – смугова заготовка

Виділимо зону пластичної деформації, що в полярних координатах  $\rho O\theta$ , де вісь  $O\rho$  спрямована перпендикулярно до вектора подачі смугової заготовки, розподіляється від точки  $O_1(r, \theta_1)$  до  $O_2(r, \theta_2)$  в дуже вузькому діапазоні  $\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1 = 5 \dots 7^\circ$ .

Тому рівняння рівноваги ділянки заготовки зліва від радіального січення із точною координатою  $\theta$  (у радіанах) можна представити у вигляді:

$$\begin{aligned} \sum X &= -\mu_p P - \mu_0 F + F\theta_F + N + T\theta = 0; \\ \sum Y &= -F + \mu_0 F\theta_F + F - N\theta + T = 0; \\ \sum M &= Pl + \mu_p PR + \mu_0 Fr - N\rho_0 - M_3 = 0. \end{aligned} \quad (5)$$

де  $P$  – зусилля згину;  $l$  – плече прикладення сили  $P$ ;  $F$  – рівнодійна нормальних контактних напружень;  $\theta_F$  – кут прикладання рівнодіючої  $F$ ;  $\mu_p$  – коефіцієнт тертя в місці прикладання поперечної сили;  $\mu_0$  – коефіцієнт тертя смугової заготовки на оправці;  $N, T, M$  – відповідно повздовжні й поперечні зусилля та згинний момент, які діють в січенні.

Внаслідок згину, внутрішні шари смугової заготовки в зоні пластичної деформації стискаються (скорочуються) проходить їх проковзування по оправці в напрямі, протилежному навиванню. Отже, в зоні пластичної деформації контактні напруження  $\tau_k$ , прикладені до смугової заготовки, спрямовані протилежно до контактних дотичних напружень іншої частини.

### Література

1. Технологічні основи формоутворення різнопрофільних гвинтових заготовок деталей машин / Б.М. Гевко, М.І. Пилипець, В.В. Васильків, Д.Л. Радик. – Тернопіль: ТДТУ імені Івана Пулюя, 2009. – 457 с.

**УДК 681.518.3**

**Р.Б. Сіправський**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **РОЗРОБКА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ІДЕНТИФІКАЦІЇ МІКРООБ'ЄКТІВ В ОПТОЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМАХ КОНТРОЛЮ**

**R.B. Sipravskyi**

### **DEVELOPMENT OF TECHNICAL MEANS OF IDENTIFICATION OF MICROOBJECT IN OPTO-ELECTRONIC CONTROL SYSTEMS**

Сучасні досягнення в області обчислювальної техніки надають сприятливу можливість використання персональних комп'ютерів та іншої мікропроцесорної техніки при вирішенні складних інженерних та наукових задач. В це й же час зростає увага до проблем обробки цифрових зображень отриманих в результаті контролю різного роду автоматизованих процесів.

На даний момент існуючі виробники обладнання для дослідження та автоматичного підрахунку мікроорганізмів, можуть запропонувати прилади які опрацьовують статичне зображення, а от прилади які здатні відслідковувати динаміку росту та розповсюдження спор термофільних та мезофільних мікроорганізмів в харчові промисловості являються громіздкими та незручними для польових досліджень.

Тому для відслідковування динаміки росту та розповсюдження спор та мікроорганізмів в поживному середовищі необхідно розробити мобільну а також надійну систему, котра б опрацьовувала динаміку росту колоній мікроорганізмів.

Для вирішення цієї проблеми розглянуто різні архітектури подібних систем, зокрема стратегії підрахунку та прийняття рішень на основі отриманих даних. Також розглядалась проблема прийняття рішень на не достовірній або неповній інформації, а також можливість апаратного комплексу показати процент правильності прийняття даного рішення.

В результаті розроблено апаратно-програмний комплекс, який є оптимальним для дослідження динаміки росту та розповсюдження мікроорганізмів та зручним для використання операторами в польових умовах.

Основою конструкції є мікропроцесор (МК) STM32F429, в якому організований алгоритм який складається з наступних етапів:

- аналізу зображення отриманого з модуля відео захвату;
- зміна контрасту зображення;
- оброблення зображення медіальним фільтром для зменшення шумів;
- сегментація;
- визначення та покращення контурів об'єктів;
- перебір в циклі всіх знайдених об'єктів для обрахунку їх кількості, радіусу;
- вивід інформації на дисплей;
- вивід на дисплей аналітичної інформації проценту правильності підрахунку кількості об'єктів.

Розроблений апаратно програмний комплекс дає змогу автоматизувати проведення обрахунків, мінімізувати людський фактор та максимально зменшити кількість зразків котрі приходять у невідповідність, а також унеможливить момент пропущення фази з максимальною кількістю колоній спор, оскільки система в реальному часі буде слідкувати за чашкою Петрі котра буде знаходитись в полі зору камери.

УДК 621.822.572

**І.М. Сов'як**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ ГІДРОСТАТИЧНИХ ОПОР ШПИНДЕЛЬНИХ ВУЗЛІВ**

**I. M. Sovjak**

### **METHODS OF RESEARCHES HYDROSTATICAL SUPPORTS SPINDLE NODE**

Розробці методики досліджень передувала робота з вивчення конструкцій гідростатичних і гідродинамічних опор шпиндельних вузлів. Аналізували конструкції радіальних підшипників з кишенями, рівномірно розподіленими по колу, в кожен з яких подається масло. На підставі критичного огляду літературних, проектних і патентних матеріалів були запропоновані раціональні конструкції гідростатичної радіальної і гідродинамічної осевої опор шпинделя. Встановлено, що найбільш раціональною конструкцією радіального гідростатичного підшипника слід вважати конструкцію з центральним підведенням масла в кільцеву кишеню. Для двухопорного підшипникового вузла раціонально підводити масло в підшипники за схемою насос-кишеню через нерегульований дросель. Ці технічні рішення використовували при розробці повнорозмірної експериментальної промислової установки. Методика досліджень складена із застосуванням математичних методів планування експериментів і заснована на методах математичної статистики. В основу методики експериментальних досліджень покладені безрозмірні комплекси (критерії подібності). Критерії отримані на основі аналізу розмірностей факторів, що впливають на жорсткість шпиндельних вузлів металорізальних верстатів. Жорсткість шпиндельних вузлів з гідростатичними підшипниками багато в чому залежить від конструкції підшипників, їх параметрів і радіальної складової сили різання, що діє на передній кінець шпинделя, і цілого ряду інших факторів [1].

Обробку даних експерименту планується виконувати методами математичної статистики. Отримані значення коефіцієнтів регресії перевіряють на значимість за критерієм Стюдента. Адекватність моделі оцінюють за коефіцієнтом апроксимації і критерієм Фішера. Чисельні значення критеріїв подібності визначають за результатами аналізу виконаних експериментальних досліджень. Їх величини дозволяють встановити оптимальні параметри гідростатичних підшипників інших типорозмірів.

За результатами огляду літературних, проектних і патентних матеріалів обгрунтована і вибрана раціональна конструкція гідростатичного підшипника.

Отримано безрозмірні комплекси (критерії подібності) основних конструктивних і технологічних параметрів гідростатичних опор шпиндельних вузлів, чисельні значення яких будуть отримані в ході обробки даних експериментальних досліджень.

Розроблено конструкцію повнорозмірної експериментальної установки, яка дозволяє проводити вимірювання переміщення переднього кінця обертового шпинделя, встановленого на гідростатичних опорах під навантаженням. Розроблено методику експериментальних досліджень, заснована на математичних методах планування експериментів, яка дозволяє оцінити достовірність отриманих даних.

### **Література**

1. Проников А.С. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем: Справочник – учебник. В 3-х т. Т.2 Ч.1. Расчет и конструирование узлов и элементов станков – М.: Машиностроение, 1995.-371 с.

УДК 621.004

М. І. Паламар док., тех., наук, проф., М. О. Стрембіцький канд., техн., наук,  
В. О. Стрембіцький

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## КЕРУВАННЯ ШВИДКІСТЮ АВТОНОМНОЇ МОДЕЛІ ІЗ ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРО НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

M.I. Palamar Dr., Prof., M.O. Strembitskyi Ph.D., V.O. Strembitskyi

## CONTROL OF THE SPEED OF AUTONOMOUS MODELS FROM THE USE OF THE NEURO NON-LIKE LOGIC

Складовими системами керування автономної самохідної моделі (АСМ) є багатозв'язні нелінійні динамічні об'єкти[1]. Мета проведеного дослідження полягає у підвищенні точності керування швидкістю приводу АСМ, яка слідує заданому маршруту для підвищення її динамічних характеристик. Оскільки швидкість АСМ залежить від частоти обертання приводу, то актуальним є дослідження процесу керування зміни швидкості обертання двигуна постійного струму (ПС) при змінному навантаженні на виході. У роботі проведено порівняння роботи контролерів швидкості для регулювання частоти обертання двигуна ПС при використанні ПІ- та нечіткого регулятора. Налаштування нечіткого регулятора сформовані на базі правил для яких входними величинами є значення із давачів відстані, які замінені лінгвістичними змінними (дуже близько, близько, далеко). На рис.1 зображена структурна схема регулятора швидкості обертання двигуна приводу моделі із використанням ПІ-регулятора та блоку нейро-нечітких множин.

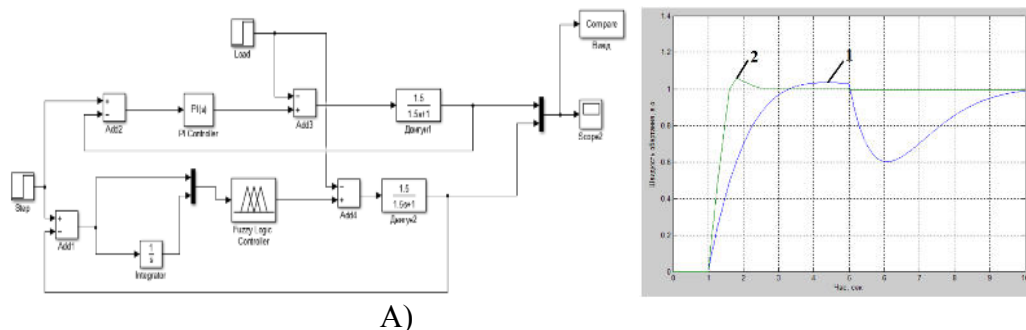


Рисунок 1. Структурна схема регулятора швидкості обертання приводу АСМ (а), перехідні характеристики відпрацювання встановленого значення (1-ПІ-регулятор, 2 – регулятора на основі нейро-нечіткої логіки) (б)

При обробці збурення по каналу керування регулятора на основі нейро-нечіткої логіки має значно кращі показники швидкодії у порівнянні зі звичайним ПІ-регулятором, а – саме зменшилося перерегулювання по куту повороту коліс у 2 рази і до 40% за керуванням швидкістю моделі. Саме ці переваги можна використати для керування не тільки швидкістю та маневреністю, але й прискоренням, що на кожному кроці забезпечує більш плавну динаміку руху без різких ривків коливань швидкості. При цьому таку систему можна синтезувати в невизначених умовах параметрів автономної моделі.

### Література

1. Филаретов, В. Ф. Устройства и системы управления подводных роботов [Текст] / В. Ф. Филаретов, А. В. Лебедев, Д. А. Юхимец. - М.: Наука, 2005. - 270 с.



УДК 621.867.423

<sup>1</sup>Л.С. Серілко, канд. техн. наук, доц., <sup>1</sup>Д.Л. Серілко, канд. техн. наук, <sup>2</sup>О.Г. Івашко, <sup>2</sup>П.Г. Івашко

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

<sup>2</sup>Технічний коледж Національного університету водного господарства та природокористування, Україна

## ІНЕРЦІЙНО-ГВИНТОВИЙ КОНВЕЄР

L.S. Serilko, Ph.D., Assoc. Prof, D.L. Serilko, Ph.D., O.G. Ivashko, P.G. Ivashko  
INERTIAL SCREW-TYPE CONVEYOR

Гвинтові конвеєри широко застосовуються різних галузях промисловості та сільсько-го господарства для вертикального, горизонтального та похилого транспортування сипких та в'язко – пластичних матеріалів в зв'язку з тим, що вони мають просту конструкцію та порівняно невелику вартість і трудоемкість їх виготовлення, а також можливість транспортувати матеріали без втрат та забруднення навколишнього середовища. Разом з тим при високій частоті обертання гвинта збільшуються відцентрові сили інерції в зоні завантаження, що призводить до зростання енергоємності процесу транспортування вертикальними гвинтовими конвеєрами. Для подолання цього недоліку запропонована нова конструкція інерційно-гвинтового конвеєра, яка забезпечує зменшення впливу відцентрових сили інерції, що діють на частинки сипкого матеріалу в бункері і призводять до збільшення потужності привода конвеєра. Схема запропонованого пристрою зображена на рисунку 1.

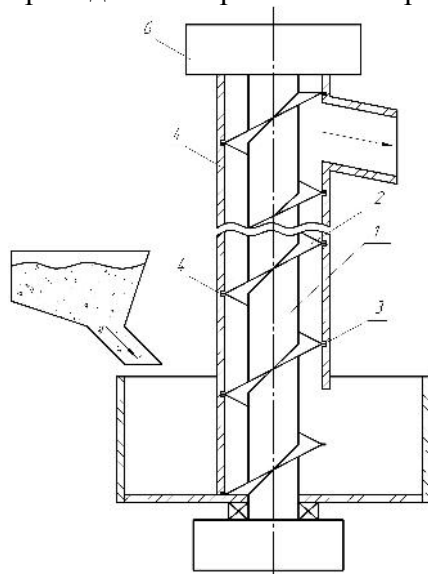


Рисунок 1. Інерційно-гвинтовий конвеєр

Інерційно-гвинтовий конвеєр складається із вала 1, до якого жорстко прикріплена еластична гвинтова лопать 2, яка має виступи 3, що входять в пази 4 нерухомого кожуха 5. Вал 1 може здійснювати повздовжні осьові та крутильні навколо осі обертання за допомогою привода 6.

Інерційно-гвинтовий конвеєр працює наступним чином. При повороті вала 1 за годинниковою стрілкою (дивлячись зверху), вантаж, який знаходиться на лопаті 2 під дією відцентрової сили інерції притискується до кожуха 5 і за рахунок сили тертя буде ковзати по лопаті 2 вгору. Тобто на цьому етапі він працює як вертикальний швидкохідний гвинтовий конвеєр. При зменшенні кутової швидкості лопаті зменшується і абсолютна швидкість вантажу, вал починає рухатися вниз, при чому, внаслідок деформації, лопать буде нахилена під деяким кутом до горизонтальної площини і частинки вантажу під

дією сили тяжіння перестають контактувати з кожухом, а отже зникає сила тертя між ним і матеріалом, що транспортується. При цьому сам вантаж рухається по інерції вгору. Після того, як рух вантажу гвинта проти годинникової стрілки закінчиться, вал рухається вгору, лопать займає горизонтальне положення і цикл повторюється.

Використання запропонованого пристрою дозволяє зменшити вплив відцентрової сили інерції, яка виникає при контакті частинки матеріалу з гвинтовою лопаттю, а отже збільшити продуктивність інерційно-гвинтового конвеєра.

**УДК 693.61**

**В. І. Терновий канд. техн. наук, проф.**

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

## **ТЕХНОЛОГІЯ ВЛАШТУВАННЯ ПЕРЛІТОВОЇ ШТУКАТУРКИ**

**V. I. Ternoviy Ph.D., Prof.**

### **TECHNOLOGY OF PERLITE PLASTER PLACEMENT**

Збереження тепла у житлових будинках та виробничих приміщеннях збільшенням теплозахисних властивостей огорожувальних конструкцій дозволить зменшити витрати на їх обігрів від 40 % до 70 %. Сьогодні для утеплення зовнішніх поверхонь будівель використовують мінераловатні та полімерні утеплювачі, серед яких є недовговічні та пожежонебезпечні. Це створює проблемну ситуацію, а тому продовжується пошук і пропонуються теплоізоляції із мінеральних матеріалів. Серед останніх пропозицій є і сухі будівельні суміші для теплоізоляційних штукатурок на основі вермикуліту та перліту, але такі матеріали із-за їх багтокомпонентного складу (до 20 інгредієнтів) мають високу вартість. Мета публікації наших досліджень – ознайомлення наукової спільноти ще з одним можливим способом впливу на показники теплоізоляційних штукатурок. На кафедрі технології будівельного виробництва КНУБА творчий колектив за участю автора виконує дослідження технології влаштування штукатурок. В основі наших досліджень знаходиться робоча гіпотеза, що фізико-механічні показники штукатурки залежать як від компонентного складу з незначною кількістю хімічних добавок, так і від технологічних чинників, які проявляються в разі її влаштування.

Факт впливу технології на властивості штукатурок був багаторазово підтверджений дослідниками. Серед них: Атаєв С. С., Дмитрук О. Б., Друкований М. Ф., Звенигородський А. М., Канюка М. С., Карапузов Є. К., Кривенко Л. В., Лівінський О. М., Обозний А. П., Хазан М. Я., Хайкович Д. М., Шепелев А. М., Росс Х., Шталь Ф., Фресель Ф. та ін..

Нами запропоновано санаційну вапняно-перлітову штукатурку (яка майже в 10 раз дешевша від матеріалу Remers) з компонентним складом мінеральної частини сухої штукатурної суміші у об'ємних частинах 0,7:0,3:1.0:1,0 (вапно : цемент : пісок : перлітовий пісок). Випробування лабораторних зразків показали прийнятну пористість матеріалу 45,75 % і інших показників, які задовольняють вимогам норм. Штукатурка за рахунок наявності цементу, має морозостійкість 35 циклів і її можна нанести на зовнішній стороні стіни з пофарбуванням без додаткового захисту. Але випробування зразків вирізаних з цієї штукатурки влаштованої на цегляній стіні традиційним накиданням кельмою з розрівнюванням полутером показали пористість рівну 35,69 %. Доречі, дослідженнями попередників зафіксована пористість цементної штукатурки - 14,87 %, і вапняної - 31,5 %. Отже штукатурки ущільнюються в процесі влаштування, а, як відомо, пористість матеріалу впливає на його теплопровідність.

Експериментально було встановлено, що 4 способи влаштування штукатурки (з маяками і відливанням в опалубку) із 7 не ущільнюють штукатурну розчинну суміш і забезпечують штукатурці пористість рівну і вищу 45 %, встановлену нормативом.

За методикою планування трохфакторного експеримента було досліджено вплив рухомості розчинної суміші, вологості основи та наявності контактного шару на міцність зчеплення з основою та на пористість штукатурки. За результатами досліджень були розроблені рекомендації до параметрів технології влаштування санаційної штукатурки, яка забезпечувала їй необхідні фізико-механічні показники.

**УДК 692.4:692.2**

**Т.М. Ткаченко, канд. біол. наук, доц., В.О. Мілейковський, канд. техн. наук., доц.**  
Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

## **НАБЛИЖЕНА ОЦІНКА ЗМЕНШЕННЯ ВИКИДУ CO<sub>2</sub> ВІД ОХОЛОДЖУВАЛЬНОГО ЕФЕКТУ РОСЛИН ЗЕЛЕНИХ КОНСТРУКЦІЙ**

**T.M. Tkachenko, Ph. D., Assoc. Prof., V.O. Mileykovskiy, Ph. D, Assoc. Prof.**  
**APPROVED ASSESSMENT OF CO<sub>2</sub> WASHING FROM THE COOLING EFFECT  
OF PLANTS OF GREEN STRUCTURES**

Використання зелених конструкцій у зеленому будівництві є актуальним напрямком у більшості країн світу. Під зеленими конструкціями ми розуміємо архітектурно-будівельні елементи, поєднані з живими рослинами: покрівельне озеленення, фітостіни, вертикальне озеленення, екопарковки та зелені схили. Переважно використовують покрівельне озеленення. Виходячи з розробленої нами схеми ролі зелених конструкцій у забезпеченні сталого розвитку сучасних міст [1], ці конструкції виконують екологічні (збереження та штучне поновлення біорозмаїття, створення додаткових локальних біоценозів; мости міграції біоти); економічні (додаткова теплоізоляція; зменшення холодильного навантаження на кондиціонування повітря; зменшення навантаження на міську дощову каналізацію; вторинне використання стічних вод на полив та технічні потреби) та соціальні (збереження земельних ресурсів; боротьба з парниковим ефектом; екологічна утилізація будівель; збереження здоров'я людей) функції. У європейських країнах активно вивчається питання енергоефективності зелених покрівель, а саме, охолоджувального ефекту рослин. Цей ефект [2-4] вважають рівним різниці температури між покрівлями з рослинами та без рослин (зазвичай, чорна бітумна). При цьому отриманий охолоджувальний ефект становить 7...20 К. Неозеленена покрівля з чорним покриттям матиме набагато більшу температуру, ніж біла або блискуча (нова оцинкована сталь). Отримана різниця температури між чорною і білою поверхнями в наших натурних дослідженнях становила понад 20 К. Звідси такі високі показники охолоджувального ефекту, що висвітлюють більшою мірою не властивості зеленої покрівлі, а властивості різних неозелених поверхонь. Таким чином, необхідно уточнити термін "охолоджувальний ефект" і методику його вимірювання. Під "охолоджувальним ефектом" ми розуміємо різницю температури між рослинним покривом зеленої покрівлі і повітрям над нею. Нами проведені експериментальні дослідження в цьому напрямку [5]. Залежно від висоти трави і швидкості вітру отримано охолоджувальний ефект 1...3 °С.

Далі ми оцінювали зменшення викидів CO<sub>2</sub> зеленими покрівлями за рахунок охолоджувального ефекту в період охолодження за методикою В.Н. Білоусова [6]. Результати (рис.) показують зменшення ефекту пасивного охолодження від зелених покрівель при збільшенні теплоізоляції. Однак, цей ефект залишається значущим. За ДБН В.2.6-31:2016 [7] термічний опір суміщеної покрівлі становить 6 м<sup>2</sup>·К/Вт. При цьому заощаджується 300 г. CO<sub>2</sub> на кожен квадратний метр покрівлі. Слід враховувати, що дані значення відповідають зменшенню викидів CO<sub>2</sub> лише від охолоджувального ефекту. Якщо порівнювати будівлі із зеленою покрівлею і будівлі з бітумним покриттям, що поглинає сонячну енергію, то ефект буде на порядки більше.

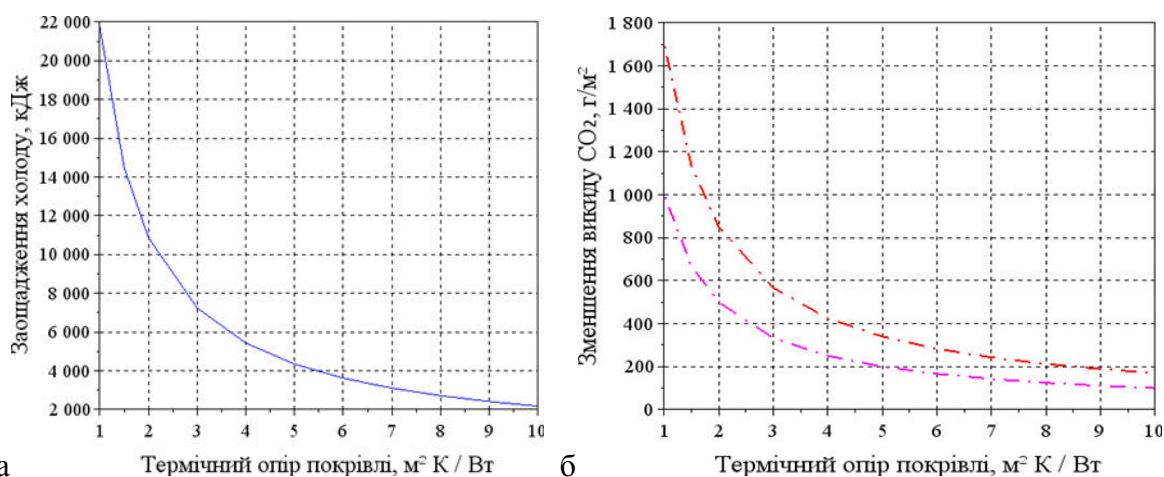


Рисунок 1 Вплив охолоджувального ефекту рослин на квадратний метр зеленої покрівлі:

а – заощадження холоду; б – зменшення викиду CO<sub>2</sub>

Таким чином, рекомендується широке впровадження зелених покрівель, особливо в містах із щільною забудовою. При цьому доцільно керувати охолоджувальним ефектом шляхом управління повітряними потоками на зелених покрівлях за допомогою спеціальної конструкції парапету. При розрахунку парапету доцільно використовувати авторську модель струминних течій з великомасштабною турбулентною макроструктурою.

### Література

1. Ткаченко Т.М. Зелені конструкції у концепції сталого розвитку сучасних міст / Т.М. Ткаченко, В.О. Мілейковський //Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. научн. трудов. Вып. 99 /ГВУЗ «Приднепр. Гос. академия стр-ва и архитектуры»; под общей ред. В. И. Большакова. – Днепр, 2017. – С. 179-186.
2. Gernot Minke 13 Fragen an Professor Gernot Minke // Dach + Grün. – № 3, 2014. – S.6-10.
3. S. Gaffin. Energy balance modelling applied to a comparison of white and green roof cooling efficiency / S. Gaffin, C. Rosenzweig, L. Parshall, D. Beattie, R. Berghage, D. Braman // Greening Rooftops for Sustainable Communities, Washington, DC, 2005.
4. Wong N. H. Investigation of thermal benefits of rooftop garden in the tropical environment / N. H. Wong, Yu. Chena, C. L. Ong, A. Sia // Building and Environment. - 38 (2) 2003. - 261–270.
5. Ткаченко Т.М. Використання зелених конструкцій для підвищення енергоефективності і забезпечення мікроклімату/ Т.М. Ткаченко, В.О. Мілейковський // Матер.IV Міжнар. наук.- практичн. конф. «Безпека життєдіяльності на транспорті та виробництві – освіта, наука, практика». – Херсон: Херсонська державна морська академія, 2017. – С. 374-377.
6. Белоусов В.Н. Энергосбережение и выбросы парниковых газов (CO<sub>2</sub>): учебное пособие / В.Н. Белоусов, С.Н. Смородин, В.Ю. Лакомкин. – Санкт-Петербург: СПбГТУРП, 2014. – 52 с.
7. ДБН В.2.6-31:2016 Теплоізоляція будівель. – Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2017. – 30 с.

**УДК 624**

**А.М. Фіцай**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ЗАГАЛЬНИЙ ОГЛЯД ДОСЛІДЖЕНЬ КОНСТРУКЦІЙ МЕТАЛЕВОГО КАРКАСУ**

**A.M. Fitsay**

### **GENERAL OVERVIEW RESEARCH METAL FRAME DESIGNS**

У загальному випадку дослідження металевих конструкцій включає в себе: підготовчі роботи (загальне знайомство з об'єктом, збір та аналіз технічної документації, складання робочої програми обстеження); натурне обстеження конструкцій з уточненням геометричної схеми, обміром елементів і вузлів і виявленням дефектів і пошкоджень; уточнення технологічних і атмосферних навантажень і впливів, а також власного ваги конструкцій; оцінку якості стали експлуатованих конструкцій; аналіз результатів обстеження та складання технічного висновку.

Для отримання додаткових відомостей про стан конструкцій та історії їх експлуатації проводиться опитування працівників підприємства, зайнятих експлуатацією будівельних конструкцій, технологічного обладнання та їх ремонтом.

При знайомстві з об'єктом обстеження виявляється відповідність проектного та фактичного об'ємно-планувального і конструктивного рішення, попередньо оцінюються експлуатаційні впливи, виділяються ділянки з найбільш інтенсивними впливами і визначається спосіб доступу до конструкцій.

Натурне обстеження включає в себе загальний огляд конструкцій, детальний огляд з інструментальною перевіркою стану елементів і вузлів, їх вимір і геодезичну зйомку положення конструкцій. При загальному огляді уточнюється конструктивна схема елементів і вузлів і встановлюється її відповідність проекту, визначаються загальне якісне стан конструкцій, характер пошкоджень і зони найбільшої пошкоджуваності конструкцій, виявляються відмінні від проекту навантаження і впливи.

При суцільному огляді перевіряються всі елементи і вузли на обстежуваному ділянці. При вибіркового - на ділянці оглядаються елементи і вузли в межах 4,5 кроків основних рам (але не менше 20% площі ділянки) зоні найбільш інтенсивних технологічних впливів. Для визначення розміру перерізів елементів, вузлів і пошкоджень використовуються матеріальні інструменти, що забезпечують задану точність (рулетки металеві лінійки, штангенциркулі тощо). Товщина елементів при односторонньому доступі до конструкцій заміряється ультразвуковими товщиномерами або сверловкой отвори.

Для виявлення прогинів і викривлень елементів між кінцями елемента натягується струна діаметром 0,2-0,4 мм і штангенциркулем або металевою лінійкою заміряються стрілки викривлення. Для вимірювання викривлень елементів великої довжини рекомендується використовувати геодезичні методи. На основі аналізу теоретичних джерел і практики використання металевих конструкцій можна зробити висновок, що в залежності від закріплення металеві каркаси мають різну несучу здатність, жорсткість, тріщиностійкість і меншу матеріалоемність. Використання металевих конструкцій каркасного типу з кожним роком набуває все більше актуальності. Оскільки використовувані типи конструкцій є новими, то постає проблема детального вивчення їх властивостей і методів застосування.

#### **Література**

1. Пермяков В.О. Нілов О.О. - Металеві конструкції (Підручник КНУБА)
2. Металеві конструкції Клименко Ф.Є., Барабаш В.М., Стороженко Л.І., Львів: Світ, 2002. - 312 с. Підручник, 2-ге видання

УДК 621.923

С.А. Хведчук

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ПРОЦЕСУ ШЛІФУВАННЯ

S.A. Hvedchuk

### THE GRINDING PROCESS DYNAMICS RESEARCH

В процесі експериментальних досліджень встановлено, що динамічні характеристики процесу шліфування мають вплив на точність та шорсткість обробленої поверхні. Це підтверджує доцільність дослідження поперечних коливань шліфувального круга на валі. З цією метою виділено із вала шліфувального круга малий елемент довжиною  $dx$ , що обертається навколо вісі  $x$  із постійною кутовою частотою обертання  $\omega$ . При цьому відбувається деформація шліфувального вала у площині  $xOy$  на величину  $y(x,t)$ . Площину  $xOy$  прийнято незмінно зв'язаною із площиною максимального прогину шліфувального круга із валом.

Диференціальне рівняння руху елемента вала довжиною  $dx$  із шліфувальним кругом має вигляд:

$$-P_0 \sin \theta_1 - \frac{\partial Q}{\partial x} dx + \left( P_0 + \frac{\partial P_0}{\partial x} dx \right) \sin \theta_2 + \omega^2 y m(x) dx + P_r dx = m(x) \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} dx, \quad (1)$$

де  $P_0$  - осьова сила різання,  $P_r$  - радіальна сила різання,  $Q(x)$  - перерізуюче зусилля,  $m(x)$  - погонна маса вала із шліфувальним кругом вздовж вісі  $x$ ,  $\omega$  - постійна кутова частота обертання шліфувального круга,  $\theta_1$  - кут нахилу, який утворює з віссю  $Ox$  дотична до середньої лінії нормальних перерізів вала з координатою  $x$ ;  $\theta_2$  - кут нахилу, який утворює з віссю  $Ox$  дотична до середньої лінії нормальних перерізів вала з координатою  $x-dx$ .

Після перетворення рівняння (1) одержано:

$$-EI \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} + P_0 \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} + \omega^2 y m(x) + P_r = m(x) \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}. \quad (2)$$

Розв'язок диференціального рівняння (2) проведено поєднанням методів розділення змінних та чисельного методу Рунге-Кутта. Рівняння (2) задовольняє однорідні граничні умови:  $y(0,t) = 0$ ;  $y(\mu l, t) = 0$  та початкові умови:  $y(x,0) = 0$ ;  $y'(x,0) = \omega R$ , де  $R$  - радіус шліфувального круга,  $\mu$  - коефіцієнт довжини, що залежить від способу закріплення вала у шпинделі верстата, при цьому добуток  $\mu l$  - приведена довжина вала. Після перетворень рівняння (2) одержано

$$\frac{T''(t)}{T(t)} = -\frac{EI}{m(x)} \frac{X''''(x)}{X(x)} + \frac{P_0 X''(x)}{m(x) X(x)} + \omega^2 + \frac{P_r}{m(x)} = -\lambda, \quad (3)$$

де  $X(x)$  - функція тільки змінної  $x$ ;  $T(t)$  - функція тільки змінної  $t$ ,  $\lambda$  - константа розділення змінних.

Для знаходження константи  $\lambda$  розв'язано задачу Штурма-Ліувілля.

Результати розв'язку представлено у вигляді графіків, із яких можна побачити, що збільшення довжини вала  $l$  та радіальної сили різання  $P_r$  призводить до зростання величини деформації вала шліфувального круга та зростання шорсткості обробленої поверхні.

**УДК 621.34**

**М.І. Цепенюк канд. техн. наук, доц., Д.Д. Верстюк**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ЕКВІВАЛЕНТНА МЕХАНІЧНА СХЕМА МЕХАНІЗМУ СИНХРОННОГО ОБЕРТАННЯ ІЗ ЗРІВНОВАЖУВАЛЬНИМ ЕЛЕКТРИЧНИМ ВАЛОМ**

**M.I. Tsepenyuk Ph.D., Assoc. Prof., D.D. Verstyuk**

### **EQUIVALENT MECHANICAL SCHEME OF THE SYNCHRONOUS ROTATION MECHANISM WITH BALANCING ELECTRIC SHAFT**

Відомо багато систем, які забезпечують узгоджену роботу двигунів у багато-привідних механізмах, але найбільш простою і надійною в експлуатації є система зрівноважувального електричного вала, яка використовується у багатьох галузях народного господарства. Оберткові маси окремих приводів в системі електричного вала при зміні навантаження можуть здійснювати відносні коливні рухи. У цьому відношенні електричний вал представляє собою пружний зв'язок між масами, як і механічний вал. Тому еквівалентну механічну схему двопривідного електричного вала можна представити у вигляді двох мас, з'єднаних пружною ланкою. До кожної маси даної системи прикладені відповідні моменти основних двигунів і моменти навантаження. Силова дія із сторони зрівноважувальних електродвигунів замінена на схемі дією пружного зв'язку, який виникає у результаті його скручування.

Ефективна жорсткість пружної ланки зведеної еквівалентної схеми визначається на основі крутизни характеристики оберткових моментів відповідних машин електричного вала в робочій точці. Так як оберткові моменти двох зрівноважувальних двигунів різні за величиною, тому абсолютні значення коефіцієнтів жорсткості різні. Із цього виходить, що при розрахунку для двох мас треба приймати різні коефіцієнти жорсткості. Коефіцієнти жорсткості залежать від кута розузгодження і приймають рівні значення у випадку, коли даний кут рівний нулю. При зміні кута розузгодження коефіцієнти змінюються не тільки за величиною, але й за знаком.

Коефіцієнти жорсткості електричного вала залежать від ковзання зрівноважувальних машин – із збільшенням останнього вони збільшуються. Тому в тих випадках, коли потрібно отримати великі зрівноважувальні моменти, обертання роторів зрівноважувальних машин здійснюється проти поля статорів. Таким чином, коефіцієнти жорсткості в еквівалентній механічній схемі електричного вала є функції багатьох змінних, які можуть бути визначені на основі розв'язування рівнянь перехідних процесів системи. Тому отримати аналітичні залежності для визначення значень даних коефіцієнтів для реального електричного вала практично неможливо. У запропонованій нами математичній моделі пружність електричного вала відображена в перетвореннях рівнянь зрівноважувальних двигунів на основі структурних рівнянь, які визначають електричний зв'язок машин в системі. У системі електричного вала має місце демпфування. Отримані наближеними методами коефіцієнти демпфування можуть приймати в залежності від параметрів додатні, від'ємні та нульові значення. Коефіцієнти демпфування електричного вала є також складними функціями багатьох змінних і їх вплив відображається відповідними членами рівнянь математичної моделі. Еквівалентна механічна схема дає можливість без розв'язування складних диференціальних рівнянь зробити якісний аналіз системи синхронного обертання із зрівноважувальним електричним валом. Наприклад, виявити резонансні явища при періодично змінному зовнішньому навантаженні та ін.

УДК 535.8

К. Б. Чавченко

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

## КОНСТРУЮВАННЯ ЛАЗЕРНОГО ДОППЛЕРІВСЬКОГО ВИТРАТОМІРУ КРОВІ З ЕЛІПСОЇДАЛЬНИМ РЕФЛЕКТОРОМ

К. В. Chavchenko

### DESIGN OF LASER DOPPLER BLOOD FLOW METER WITH ELLIPSOIDAL REFLECTOR

Лазерна доплерівська флоуметрія є безконтактним методом зондування капілярів світлом лазера з метою діагностики стану мікроциркуляції крові в органах і тканинах. Метод може використовуватися для діагностики і контролю медикаментозної терапії в кардіології, ревматології, дерматології, при діабеті, при опіках, для оцінки ступеню ураження тканини при трансплантації і пластичній хірургії, при пораненнях, для моніторингу в судинній хірургії і стоматології тощо.

Лазерні доплерівські витратоміри є технічними засобами флоуметрії та використовуються для вимірювання лінійної швидкості і в біомедицині найбільш часто застосовуються при транскутанному вимірі мікроциркуляції крові в судинах в режимі реального часу, як показник фізичного, медикаментозного та екологічного навантаження на основі реєстрації частоти розсіяного частинками лазерного випромінювання [1].

На даний час існує проблема розробки нового, досить дешевого та простого за конструктивними особливостями приладу, який водночас зможе забезпечити належний рівень вимірювань з достатнім співвідношенням сигнал-шум та розширення можливостей цього приладу шляхом використання в ньому основ еліпсоїдальної фотометрії та математичного апарату Монте-Карло симуляції поширення оптичного випромінювання в біологічних структурах [2,3].

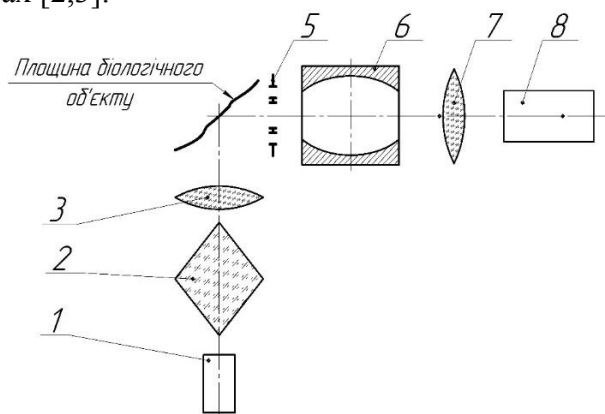


Рисунок 1. Структурна схема лазерного доплерівського витратоміру крові з еліпсоїдальним рефлексором

Для вирішення даної проблеми було запропоновано схему лазерного доплерівського витратоміру крові (рис.1), який складається з джерела лазерного випромінювання 1, у якості якого використовується напівпровідниковий лазер з довжиною хвилі випромінювання 650 нм, з вбудованим коліматором. Колімований пучок світла за допомогою призми 2, у залежності від її конструктивних особливостей, розділяється на два паралельних пучка у випадку призми-ромба або на світлове кільце, якщо призма буде у формі



конуса. Випромінювання, яке прямує від призми фокусується за допомогою об'єктива 3 всередині площини біологічного об'єкту на судині, у якій потрібно виміряти швидкість потоку. Область перетину сфокусованих пучків формує зондуєчий об'єм лазерного доплерівського вимірювача швидкості. Нерозсіяні складові цих лазерних пучків блокуються за допомогою діафрагми 5, конфігурація параметрів діафрагми підбирається в залежності від властивостей досліджуваного об'єкту та особливостей взаємного розміщення з системою реєстрації. Розсіяне випромінювання з корисною складовою сигналу збирається еліпсоїдальним рефлектором 6 та фокусується за допомогою проекційної оптичної системи 7 на площині приймального елемента в блоці приймально-реєструючої системи 8. У блоці 8 оптичне випромінювання перетворюється в змінний електричний сигнал, величина якого прямо пропорційна інтенсивності світла на його поверхні в кожен момент часу. Таким чином, частота електричного сигналу фотоприймача дорівнює величині доплерівського зсуву частоти і прямо пропорційна швидкості руху об'єкту. Далі цей сигнал підсилюється і передається для подальшої обробки.

Для того щоб отримати інформацію про рух досліджуваного об'єкта, необхідно виміряти величину доплерівського зсуву частоти розсіяного випромінювання. Частота коливань світлової хвилі дуже велика і для видимого світла має величину порядку  $10^{15}$  Гц. У даний час практично неможливо безпосередньо виміряти таку високу частоту оптичних коливань з точністю, достатньою для виявлення доплерівського зсуву частоти. Тому для визначення величини доплерівського зсуву частоти застосовують метод оптичного змішування. На фотоприймач направляються одночасно дві світлові хвилі, що мають різні частоти. У результаті інтерференції цих хвиль, інтенсивність світла на поверхні фотоприймача змінюється з частотою, що дорівнює різниці частот коливань цих хвиль. Для вимірювання частоти сигналу можуть бути використані різні радіотехнічні методи, але на даний час для обробки сигналів в лазерному витратомірі найпростіше реалізувати цифрові методи.

Технічний результат полягає в забезпеченні високого співвідношення сигнал-шум при вимірюванні швидкості течії сильно розсіювальних рідин, таких як цільна кров в артеріолах і венах тварин або людини. При цьому результат вимірювання швидкості практично не залежить від величини кута між оптичною віссю лазерного доплерівського вимірювача, напрямком лазерних пучків і віссю судини.

Таким чином, забезпечується точне вимірювання швидкості потоку за допомогою лазерного доплерівського витратоміру при використанні одного каналу реєстрації доплерівського зсуву частоти [4].

### **Література**

1. Безуглый М. А. Применение эффекта Доплера в оптической биомедицинской диагностике / Безуглый М. А., Коцур Я. А. // Вісник НТУУ «КПІ». Приладобудування : збірник наукових праць. – 2011. – Вип. 42. – С. 177–184.
2. Безуглый М.А., Безуглая Н.В., Самияк А.Б. Обработка изображений при эллипсоидальной фотометрии // Приборы и методы измерений. 2016; 7(1): с. 67-76.
3. Bezuglyi, M., N. Bezuglaya, and A. Viruchenko. "On the possibility of ellipsoidal photometry and Monte Carlo simulation to spatial analysis of biological media." Electronics and Nanotechnology (ELNANO), 2017 IEEE 37th International Conference on. IEEE, 2017.
4. Пат. 2610559 Российская Федерация, МПК А61В 5/05, G01P 5/26, G01P 5/01 Способ измерения скорости течения крови / Бороздова М. А., Федосов И. В., Тучин В. В.; заявл. 28.08.2015 ; опубл. 13.02.07, Бюл. № 5.

**УДК 621.9**

**В.В. Шанайда канд. техн. наук, доц., А.С. Потічко**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**КОМП'ЮТЕРНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК  
ЕЛЕМЕНТІВ ПРИВОДУ ГОЛОВНОГО РУХУ РАДІАЛЬНО-  
СВЕРДЛИЛЬНОГО ВЕРСТАТА**

**V.V. Shanaida Ph.D., Assoc. Prof., A.S. Potichko**

**INVESTIGATION OF DYNAMIC CHARACTERISTICS OF THE  
ELEMENTS OF THE MAIN MOTION DRIVE OF THE RADIAL DRILLING  
MACHINE BY COMPUTER TECHNOLOGIES**

Аналіз верстатного парку підприємств показав, що багато виробничих площадок оснащені універсальним обладнанням різних років випуску, яке потребує модернізації. Цілком доступною є заміна приводів верстатів із збереженням несучої частини (станини, стійки, траверси, порталних рам тощо).

Ефективність верстатного обладнання, на сьогоднішній день, оцінюється не тільки його технічними характеристиками, але й економічними показниками. Серед таких показників слід виділити зменшення потужності двигунів приводу головного руху, двигунів приводу подач, зменшення штучного часу механічної обробки. Вище перелічені показники, як і ряд інших, попри різноплановість своєї природи мають і спільну характеристику, а саме інерційність системи, яка забезпечує передачу крутного моменту від двигунів у зону обробки чи до приводів переміщення. Не менш важливо скоротити час за який відбудеться повна зупинка виконавчих рухів і можна приступати до подальшого обслуговування предмету виробництва, і верстатного обладнання.

*Метою роботи* є аналіз варіантів технічних рішень для підвищення ефективності роботи верстатного обладнання свердлильної групи, а саме радіально свердлильних верстатів. За звичай, ці верстати використовують для обробки отворів у великогабаритних корпусних деталях. У цій ситуації нема необхідності у швидкому і багаторазовому перемиканні швидкостей у приводі головного руху верстата. Типова кінематична схема такого верстата демонструє коробку швидкостей з п'ятьма проміжними валами. За таких обставин можна говорити про втрати на тертя в опорах кожного валу, а також про втрати потужності у кожній парі зубчастого зачеплення. Шляхом проведення 3D моделювання елементів приводу головного руху ми визначили, що для встановлення усталеного обертового руху всіх валів коробки швидкостей додатково затрачається 0,3 – 0,5 кВт електроенергії залежно від заданої швидкості обертання шпиндельного вала.

Для вирішення цього технічного завдання нами запропоновано модернізувати коробку швидкостей радіально свердлильного верстата шляхом видалення перших трьох валів регулювання і заміни асинхронного двигуна потужністю 5,5 кВт на високомоментний двигун постійного струму потужністю 4,7 ... 5,0 кВт.

У процесі комп'ютерного моделювання нами також враховано, що зменшення кількості кінематичних пар, які одночасно беруть участь у передачі крутного моменту сприятиме зменшенню шумового навантаження на верстатника, що є вагомим показником для підвищення його продуктивності праці, а також зменшення вібрацій на траверсі через усунення джерела вимушених коливань.

За результатами проведених комп'ютерних досліджень засобами 3D моделювання та аналітичних розрахунків підтверджено доцільність вкорочення кінематичного ланцюга приводу головного руху, що також приведе до зменшення моменту інерції приводу головного руху для таких типів верстатів в цілому.

УДК 621.923.5

К.К. Щербина канд. техн. наук, І.С. Конкін

Центральноукраїнський національний технічний університет, Україна

## ДЕФОРМАЦІЯ ЗАМКНЕНИХ ВИТКІВ ПРУЖНО-ГВИНТОВОГО ХОНУ

К.К. Shcherbina, I.S. Konkin

### DEFORMATION OF CLOSED COILS OF A SPIRAL SPRING HONE

Існуючі дослідження деформації складних тіл не дають достовірної інформації про деформацію зміни величини радіального розміру [1]. Тому, існує ряд факторів, які унеможливають теоретичне визначення силових і деформаційних характеристик пружно-гвинтового хону (ПГХ), в тому числі:

- перемінність площин перерізів гвинтового тіла повздовж власної геометричної вісі [2];

- перемінність напружень, які виникають у витках повздовж довжини пружно-деформуємої оболонки (ПДО) при дії сили постійного значення [2];

Розробити методику визначення деформації пружно-гвинтового хону в процесі регулювання радіального розміру.

Для проведення дослідження необхідного прийняти ряд припущень та умовностей, в тому числі:

- пружні деформації витків ПДО в результаті дії крутного моменту та притаманні їм дотичні напруження виникають синхронно з двох опозитних сторін;

- пружна деформація та крутний момент, який її забезпечує на кожному послідовному витку, враховує значення цих параметрів, отриманих на попередньому витку;

- робота крутного моменту визначається площею трикутника, який розміщується за координатними вісями: крутний момент, кут закручування;

- силовий портрет побудуємо на підставі даних, отриманих для ПДО з номінальним діаметром 12.7 мм;

- значення навантажень ПДО та відповідні їм пружні деформації, лінійні та кутіві, визначаються системою рівнянь [3]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \varphi_3 = \frac{2\pi P_z R^2 i l}{\sigma_2 I} \\ \lambda = \frac{2\pi R^3 i}{\sigma_2 I} \\ \Delta d = 2R \cos(\alpha - \varphi_3) \\ \lambda = 2R \sin \varphi_i \\ \varphi_i = \alpha - \varphi_3 \end{array} \right. , \quad (1)$$

де:  $\varphi_3$  – кут закрутки, або кут підйому гвинтової лінії після навантаження;

$P_z$  – осьова сила;

$R$  – радіус циліндра тіла ПДО по осьовій лінії поперечного перерізу;

$i$  – кількість витків ПДО;

$\sigma_2$  – модуль пружності другого роду або модуль зсуву;

$I$  – момент інерції, геометрична характеристика жорсткості при крученні;

$\alpha$  – кут підйому гвинтової лінії до навантаження;

$\lambda$  – значення осадки ПДО при навантаженні;

ПДО або гвинтовий пружний елемент розглядається як випрямлений стержень з замиканням кінцівок [3, стр.208]

Деформація у випадку ПДО, кінцівки якої виконані замкненими з обох сторін, тому до неї недоцільно застосовувати класичні рівняння кута закручення [3, с.206-209].

Відповідно до цього кут закручення  $\varphi_3$  буде визначатися за таким рівнянням:

$$\varphi_3 = \frac{0,5P_z R l}{\sigma_2 * I}$$

де:  $l$  – довжина випрямленого стержня;

$\sigma_2$  – модуль пружності другого роду або модуль зсуву.

Враховуючи наведені припущення, побудуємо схему навантаження ПДО з визначенням за допомогою комп'ютерної діагностики характеристики зміни дотичних напружень (рис.1).

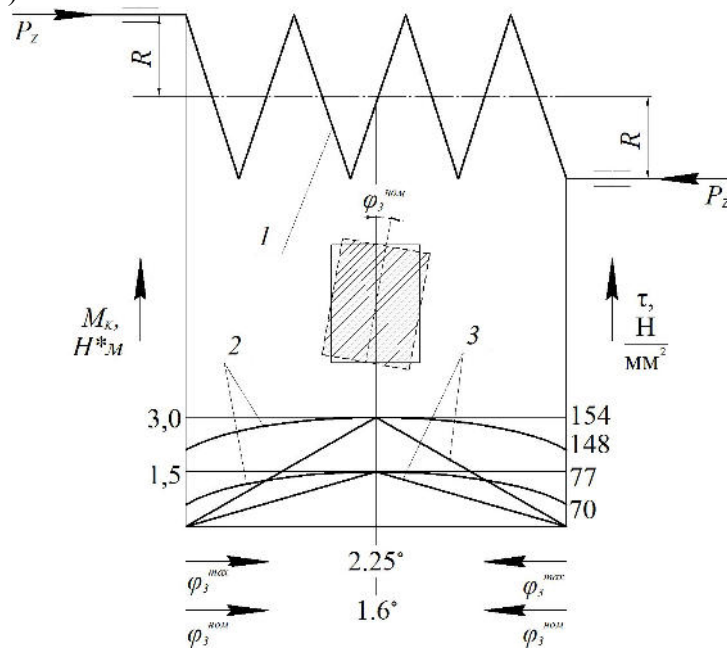


Рисунок 1. Графік навантаження ПДО

1 – ПДО; 2 – криволінійна залежність зміни дотичних напружень  $\tau$  повздовж тіла ПДО, отримана методом комп'ютерної діагностики; 3 – площа суміжних трикутників, які відображають роботу крутного моменту  $M_k$ .

Напруження у витках ПДО мають перемінні значення повздовж його витка, при цьому перепад між максимальним та мінімальним значенням становить від 5 до 10 %, в залежності від навантаження. У відповідності до напруження змінюється кут закрутки витка, максимальне значення кута закрутки досягається в середній частині тіла ПДО.

#### Література

1. Подгаецкий М.М. Особенности обработки прецизионных отверстий упруго-винтовым хондом// М.М. Подгаецкий, К.К. Щербина// Вестник Пермского Национального Исследовательского Политехнического Университета «Машиностроение, материаловедение». –2013. – Т.15 №2. – С. 30-39.
2. Підгаєцький М.М. Динамічний аналіз традиційних систем регулювання радіального розміру в процесі хонінгування отворів/ М.М. Підгаєцький, К.К. Щербина// Вісник Хмельницького національного університету: Технічні науки. –2014. – №3 (213). – С.134-138.
3. Беляев Н.М. Соппротивление материалов. Изд-8е. / Н.М. Беляев. – М.: Машиностроение, 1953. – 856 с.

**УКД 624.15**

**С.С. Щегельський**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)

**РОЗРАХУНОК ФУНДАМЕНТНОЇ ПЛИТИ СИЛОСІВ І ОСОБЛИВОСТІ  
ВИЗНАЧЕННЯ ОСІДАНЬ НА АРМОВАНІЙ СТОХАСТИЧНІЙ ОСНОВІ**

**S.S. Shchegelskyi**

**CALCULATION OF THE FOUNDATION PLATE OF SILOSS AND THE  
FEATURES OF YIELDING DETERMINATION ON THE REINFORCED  
STOCHASTIC BASIS**

Однією із найважливіших проблем експлуатації зерносховищ силосного типу є забезпечення осідань і крену споруди в межах нормативних значень, особливо у складних інженерно-геологічних умовах. З досвіду будівництва зерносховищ на слабких ґрунтах автори рекомендують покращувати їх характеристики міцності та деформативності армуванням вертикальними ґрунтоцементними елементами. Такий інженерний захід дає можливість зменшити абсолютні середні осідання та крен споруди, тобто підвищити її експлуатаційну надійність.

Ґрунтова основа в межах стиснутої товщі фундаментної плити являє собою випадкове поле зі стохастичними властивостями. Тому напруження та деформації основ фундаментів – це просторово-часові випадкові поля, властивості яких залежать від неоднорідності ґрунтового масиву, а також просторових і часових флуктуацій зовнішніх навантажень і впливів. Влаштування ВГЦЕ (вертикальні ґрунтоцементні елементи) ускладнює аналітичний опис імовірнісного процесу деформування основи. Ще однією проблемою являється циклічність завантаження силосів, що призводить до постійної зміни НДС основи і, в свою чергу, на імовірнісний опис даного процесу. Тому для розв'язання даної проблеми необхідно створити адекватну чисельну модель споруди та армованої основи з урахуванням випадкових величин (ВВ) характеристик ґрунту й елементів армування та виконати імітаційне статистичне моделювання на всіх етапах зведення та експлуатації споруди.

За мету роботи прийнято – виконати чисельне моделювання НДС армованої основи плитного фундаменту силосів з урахуванням циклічності їх завантаження в імовірнісній постановці для визначення критичних значень нерівномірності завантаження, при яких крен буде в межах норм. Для рівня надійності  $p = 0,9$  підібрати мінімально необхідний процент армування основи ВГЦЕ.

Об'єктом дослідження є зерносховища, які являють собою циліндричні ємності виготовлені зі сталевих листів хвилястого профілю, що з'єднані болтами (рис. 1, а, б). Місце будівництва – с. Болотня Миколаївського району Львівської області. Інженерно-геологічні умови майданчика зведення силосів на глибину до 13 м характеризуються стисливими глинистими ґрунтами. Згідно з аналітичними розрахунками для зменшення абсолютних осідань даної споруди в цих інженерно-геологічних умовах прийнято рішення влаштувати фундаментну плиту на армованій ВГЦЕ основі на 12 м нижче її підосви. Для забезпечення необхідних характеристик міцності та деформативності основи процент її армування склав приблизно 25%. При цьому діаметр ВГЦЕ прийнято 0,5 м, а їх крок – 0,9 і 0,95 м.

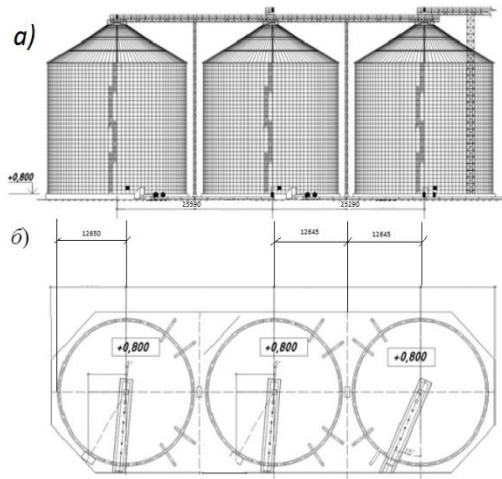


Рисунок 1. Загальний вигляд зерноско-  
вища силосного типу *а)* – фасад; *б)* –  
план на позначці +0,8 і розріз по плиті.

Згідно з дослідженнями значення питомого зчеплення армованого масиву приймалось як середньозважене між характеристиками ґрунту та ґрунтоцементу, а кута внутрішнього тертя – не змінювалось. Розрахункові значення модуля деформації ґрунтоцементну прийнято  $E_{sc} = 180$  МПа, а питомого зчеплення –  $C_{sc} = 100$  кПа. Для рівномірної передачі тиску на армовану основу між нею та плитою передбачене влаштування проміжної подушки зі щебеню фракції 20...40 мм товщиною 0,5 м. Завершальний етап досліджень – імітаційне чисельне моделювання. Тобто, враховувалась про-сторова неоднорідність властивостей основи та елементів її армування, випадкова природа циклічного завантаження силосів. Статистичні параметри вхідних ВВ визначались експериментально на базі лабораторних і польових досліджень, а також з аналізу літературних джерел за даним напрямком. Для уникнення великої кількості ітерацій при імітаційному чисельному моделюванні МСЕ використано Point Estimate Method (PEM)

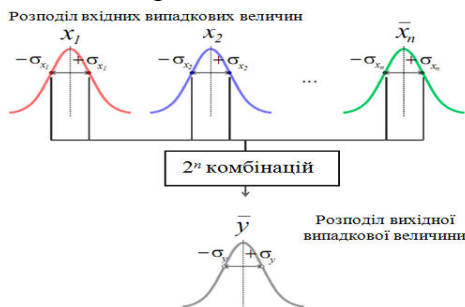


Рисунок 2. Ілюстрація принципу імовірні-  
елементна  
сного розрахунку за методикою PEM

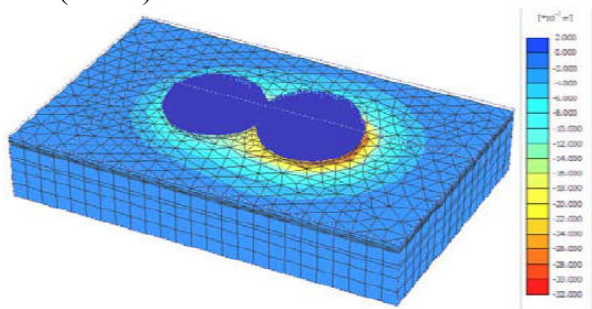


Рисунок 3 Деформована скінчено-  
просторову сітка розрахункової моделі на  
одному з етапів імітаційного  
моделювання за PEM

### Література

1. ДБН В.2.2-8-98. Підприємства, будівлі і споруди по зберіганню та переробці зерна [Текст]. – К.:Мінрегіонбуд України, 2009. – 39 с.
2. ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти споруд. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009.–104 с.
3. Won, J. A probabilistic approach to estimate one dimensional consolidation settlements [Текст] / J. Won // Proc. of the 17th Intern. Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. – Olexandria, 2009. – P. 2012–2015.

**УДК 62-932.2**

**В.І. Юськів, Т.А. Довбуш канд. техн. наук.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **РЕКОНСТРУКЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЛІНІЇ ВИРОБНИЦТВА ВЕРШКОВОГО МАСЛА**

**V.I. Yuskiv, T.A. Dovbush Ph.D.**

### **RECONSTRUCTION OF THE TECHNOLOGICAL LINE FOR THE PRODUCTION OF CREAM BUTTER**

Вершкове масло – це харчовий продукт, що виробляється з коров'ячого молока, і який складається переважно з молочного жиру і має специфічний, притаманний йому смак, запах і пластичну консистенцію. Крім жиру в масло часто переходять білки молока, молочний цукор, фосфатиди, вітаміни, мінеральні речовини, вода та ін. Основною сировиною для виробництва вершкового масла є молоко та вершки.

При виробництві вершкового масла збиванням жирової фази досягається сепарування молока і наступним руйнуванням емульсії молочного жиру при збиванні отриманих вершків. Регулювання вологи відбувається під час обробітку масла. Кристалізація гліцеридів молочного жиру закінчується під час фізичного дозрівання до механічного обробітку масла. При виробництві вершкового масла перетворенням високожирних вершків концентрування жирової фази молока здійснюється сепаруванням. Нормалізація високожирних вершків по волозі проводиться до початку термомеханічної обробки. Руйнування емульсії жиру вершків і кристалізація гліцеридів молочного жиру проходить головним чином під час термомеханічної обробки. Найголовнішим етапом технологічного процесу є перетворення високожирних вершків у масло, тобто надання маслу заданої структури, консистенції та певних смакових і технологічних властивостей. Маслоутворення відбувається за рахунок механічної дії на вершки з одночасним їх охолодженням. В технологічній лінії виробництва масла шляхом перетворення високожирних вершків вмонтовано маслоутворювач РЗ-ОУА, який має можливість регулювати частоти обертання валу робочого барабану, що дає змогу контролювати якість продукції, а також є найбільш енергоємним обладнанням.

Основна причина зупинки маслоутворювача для профілактичного ремонту виникає внаслідок часто-перемінного руху вала, який виникає за рахунок проковзування в пасових передачах. З технологічного процесу роботи маслоутворювача випливає, що в маслообробник поступають охоложені високожирні вершки з підвищеною в'язкістю, що створює значний опір ротору маслоутворювача та викликає проковзування пасової передачі. Внаслідок проковзування знижується ефективність механічної дії ротора на вершки, погіршуючи тим самим структурно-механічні властивості масла, знижуються коефіцієнт корисної дії передачі, що веде до збільшення енергетичних затрат.

У роботі здійснено обґрунтовані конструкторські вдосконалення механізмів маслоутворювача, що покращує якість продукції, а також експлуатаційні і технічні характеристики технологічної лінії виробництва масла. Суть конструкторського нововведення та аналітичних розрахунків полягає в заміні пасової передачі на ланцюгову, що виключає недоліки пасової передачі, зменшує частоту профілактичних ремонтів та підвищує якість продукції.

#### **Література**

1. Ковалёв Ю.Н. Молочное оборудование животноводческих ферм и комплексов. – М.: Россельхозиздат, 1987.

УДК 621.326

**М. І. Яворська канд. техн. наук, доц., Т. Заблоцький, В. Макух**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### **ОЦІНКИ ВІДХИЛЕНЬ ПОВЕРХНІ ПАРАБОЛІЧНОЇ АНТЕНИ ВІД ЗАДАНОЇ ФОРМИ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ДИСТАНЦІЙНИХ ВИМІРЮВАНЬ**

**M. I. Yavorska PhD, Ass.-Prof., T. Zablocky, V. Makuch**  
**ESTIMATIONS OF THE PARABOLIC ANTENNA SURFACE DEVIATIONS  
FROM A GIVEN SHAPE BY THE RESULTS OF REMOTE MEASUREMENTS**

Для прискорення швидкості складання параболічних антен великих габаритів і періодичної їх перевірки на відхилення поверхні рефлектора від розрахункової через вплив технологічних, метеорологічних та експлуатаційних чинників важливо оптимізувати процедуру контролю відбиваючої поверхні в польових умовах.

З цією метою пропонується забезпечити інформаційну систему дистанційного вимірювання просторових координат окрім вимірювального пристрою засобами для автоматичної обробки вимірюваних даних та наглядної візуалізації отриманих результатів з метою оперативного прийняття рішень. Зокрема для комплексної оцінки відбиваючих властивостей поверхні рефлектора необхідно окрім знаходження координат контрольованих позицій, визначених у довільній системі координат, обчислювати їх відхилення від розрахункової форми параболоїда із заданою фокусною відстанню.

Виходячи із запропонованої в [1] схеми перерахунку вимірюваних значень до відповідних їм в канонічній системі координат, пов'язаній із теоретичною поверхнею, відхилення досліджуваної поверхні рефлектора від заданої форми у конкретній точці знаходимо як довжину  $d$  відрізка перпендикуляра, опущеного на еталонну поверхню з цієї точки.

Оскільки рівняння еталонної поверхні параболоїда можна подати як

$$x^2 + y^2 = 2pz, \quad (1)$$

де  $p$  – фокусна відстань,  
то

$$d = \sqrt{(S_x - S_{x0})^2 + (S_y - S_{y0})^2 + (S_z - S_{z0})^2}, \quad (2)$$

де  $(S_x, S_y, S_z)$  виміряні координати в канонічній системі координат,  $(S_{x0}, S_{y0}, S_{z0})$  – координати позиції на еталонній поверхні, що відповідає  $(S_x, S_y, S_z)$ .

Значення  $(S_{x0}, S_{y0}, S_{z0})$  знаходимо з умови мінімуму виразу (2):

$$\frac{\partial d}{\partial S_{x0}} = \frac{\partial d}{\partial S_{y0}} = 0,$$

або, з врахуванням співвідношення (1):

$$S_{x0}^3 + S_{x0}S_{y0}^2 + 2p(p - S_z)S_{x0} = 2pS_x \quad (3)$$

$$S_{y0}^3 + S_{x0}^2S_{y0} + 2p(p - S_z)S_{y0} = 2pS_y$$

За розв'язками (3) знаходимо значення  $S_{x0}, S_{y0}, S_{z0}$ , а з (2) відхилення  $d$  дистанційно вимірюваної позиції на робочій поверхні від еталону. Виміряні значення



просторових координат контрольованих позицій та обчислені відхилення від еталону для  $p = 2.2\text{м}$  приведені в Табл.1.

Табл.1 Координати дистанційно вимірюваних позицій робочої поверхні, відповідних їм точок на еталонній поверхні в канонічній системі координат та обчислені відхилення

Координати дистанційно вимірюваних позицій робочої поверхні, в канонічній системі координат $(S_x, S_y, S_z)$	Координати відповідних їм точок на еталонній поверхні $(S_{x0}, S_{y0}, S_{z0})$	Відхилення $d$
0.3905 , 0.6043 , 0.3655	0.3519 , 0.5445 , 0.4203	0.0898
0.2828 , 0.5955 , 0.4167	0.2791 , 0.5877, 0.4233	0.0109
0.0750 , 0.8975 , 0.4641	0.0625, 0.7483, 0.5638	0.1799
-0.1728, 0.7133 , 0.4969	-0.1682, 0.6944 , 0.5105	0.0237
-0.4093 , 0.7445, 0.4880	-0.3596, 0.6541, 0.5571	0.1243
-0.6908, 0.5444, 0.4750	-0.5887, 0.4639, 0.5617	0.1563
-0.8491, 0.4154, 0.5973	-0.7371, 0.3606 , 0.6733	0.1460
-0.9826 , 0.1239 , 0.7053	-0.8704, 0.5877, 0.7697	0.1301
-0.9096 , -0.3526, 0.6406	-0.7894, -0.3060, 0.7167	0.1497
-0.8786 , -0.5152, 0.7698	-0.7855, -0.4606, 0.8291	0.1232
-0.6705, -0.7936 , 0.8579	-0.6137, -0.7263, 0.9042	0.0995
-0.2662, -1.1281, 0.8999	-0.2278, -0.9655, 0.9841	0.1871
-0.0283 , -1.0515, 0.9172	-0.0263, -0.9770, 0.9553	0.0837
0.4443, -1.1669, 0.8974	0.3588, -0.9423, 1.0166	0.2683
0.7682, -0.9613, 0.9520	0.6403, -0.8012 , 1.0519	0.2280
1.1276 , -0.6146, 1.1239	0.9651, -0.5260, 1.2081	0.2034
1.3175 , -0.3303, 1.1669	1.0930 , -0.2740, 1.2696	0.2532
1.5326, 0.0994, 1.2335	1.1747, 0.0762, 1.3858	0.3897

### Література

1. І. Зелінський, М. Яворська Алгоритм обробки даних в системі дистанційного вимірювання просторових координат ХІХ наукова конференція ТНТУ імені Івана Пулюя 17-18 травня 2016.

УДК 621.951.3

<sup>1</sup>Р.С. Яким, докт. техн. наук, проф., <sup>2</sup>А.Є. Дячун, канд. техн. наук, доц.,

<sup>3</sup>І.С. Яким, канд. техн. наук

<sup>1</sup>Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, Україна,

<sup>2</sup>Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна,

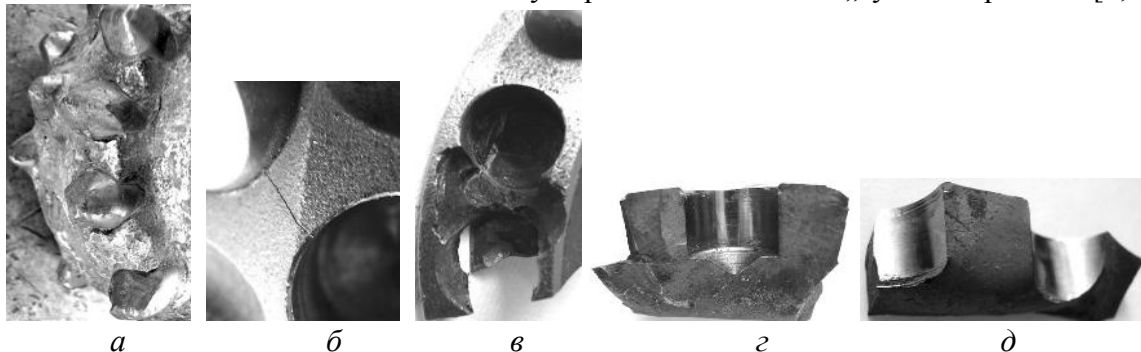
<sup>3</sup>Державний вищий навчальний заклад „Дрогобицький коледж нафти і газу”, Україна.

## **КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПОРОДУРІЙНІВНОГО ОСНАЩЕННЯ ТРИШАРОШКОВИХ БУРОВИХ ДОЛІТ**

**R.S. Yakym Dr., Prof., A.Ye. Diachun Ph.D., Assoc. Prof., I.S. Yakym Ph.D.**

### **THE CONSTRUCTIVE AND TECHNOLOGICAL QUALITY PROVIDING OF THREE-CONE ROLLER BITS OF ROCK-DESTROYING EQUIPMENT**

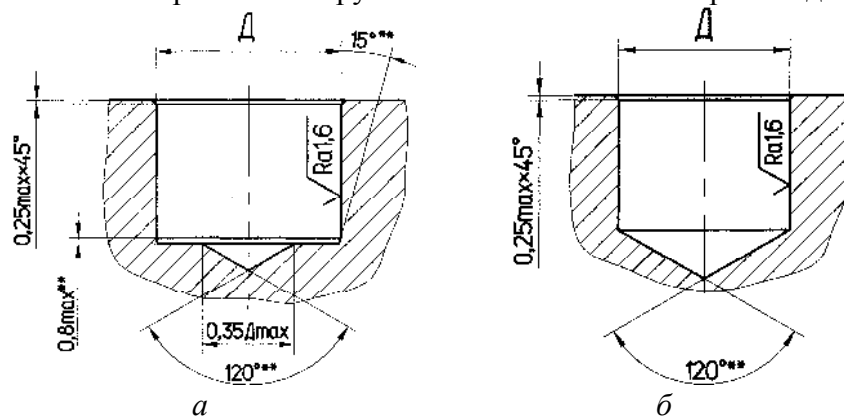
Якісні показники вставного оснащення шарошок бурових доліт мають першочергове значення не тільки з огляду на високі експлуатаційні вимоги до тришарошкових бурових доліт, а й на їх собівартість, зумовлену застосуванням цінних матеріалів. Це ставить комплекс вимог до матеріалів, конструкції, технології виготовлення породоруйнівного оснащення доліт. Зауважимо, що ці вимоги досить важко, а подекуди неможливо задовольнити одночасно. За останні роки розроблено основні підходи до вдосконалення конструкції й технології виготовлення бурових доліт з вставним породоруйнівним оснащенням [1, 2], показано, що проблему необхідно вирішувати комплексно. Тим не менше існує низка ще не вирішених взаємопов'язаних задач оптимізації фізико-механічних, конструкторсько-технологічних параметрів з'єднання „зубок-шарошка”, а також вдосконалення технологічних процесів формоутворення отворів під хвостовики тврдосплавних зубків і складальних операцій. Залишаються дискусійними також питання конструктивної досконалості хвостовиків вставних зубків та отворів під них в шарошках. Аналізом встановлено, що фізико-механічні показники матеріалів шарошок і вставних зубків, а також технологія виготовлення отворів, конструктивні параметри спряжених поверхонь визначають характер пошкоджень і руйнувань породоруйнівного оснащення. Зокрема, при недостатній міцності вінців шарошки відбувається оголення вставних зубків і їх випадання (рис. 1, *а*). У випадку високої крихкості шарошок спостерігається відколювання фрагментів вінців та зубків (рис. 1, *б-д*). Одночасно зауважено різний характер руйнування тврдосплавних вставних зубків. Це пояснюється неоптимальним натягом у спряженні з'єднання „зубок-шарошка” [2, 3].



*а* – оголення зубків по вінцю шарошки; *б* – тріщини між отворами під вставні зубки в тілі вінця шарошки; *в* – відколювання фрагменту вінця між двома отворами під вставні зубки; *г, д* – відколені фрагменти вінців шарошки

Рисунок 1. Типові руйнування вінців шарошок оснащених вставними зубками

Сьогодні на долотних заводах технологічні операції свердління, підбір дна, розвертання і зенкерування отворів під вставні зубки ведеться з одного установу із застосуванням спеціалізованого інструменту. На етапі підготовки виробництва здійснюється формування селективних груп зубків, відповідно до значень розмірів отворів у вінцях шарошки. На етапі складання з'єднання „зубок-шарошка” застосовується теплове і швидкісне пресування [1]. Тим не менше, принципово усунути проблеми пов'язані з технологічною складністю формоутворення отворів під вставні зубки можна конструкторськими способами, а саме вдосконаленням конструкції хвостовика [4]. Це уможливило спростити конструкцію отвору під посадку хвостовика зубка (рис. 2) [3]. Відтак відпала необхідність у проведенні високоточної операції підбору дна та розвертання, що суттєво зменшило затрати на інструмент та виготовлення шарошок доліт.



*a* – отвір для серійних зубків; *б* – спрощена конструкція отвору для нових зубків  
Рисунок 2. Конструкція отворів під посадку зубків у тіло шарошки

Однчасне вирішення проблеми економії твердих сплавів для вставних зубків та підвищення якості їхнього кріплення за рахунок виконання втулки на хвостовику зубка, зменшило затрати на формоутворення отворів у тілі вінців шарошки із забезпеченням прийнятної точності. При цьому забезпечується компенсація нераціонального розподілу напружень у спряженні „зубок-шарошка”, що підтверджується спостереженням відсутності браку через руйнування тіл зубків при їхньому пресуванні, а також мікротріщин у прилеглий до зубка ділянці вінців шарошки.

У результаті застосування розроблених параметрів для свердління отворів у вінцях шарошки вдалося усунути виникнення браку та поломки інструменту через людський чинник, забезпечити точність та скоротити час на операції формоутворення отворів заданої точності. Це дозволило успішно освоїти виготовлення і впровадити розробки у виробництво сучасних доліт.

#### Література

1. Яким Р. С. Науково-практичні основи технології виготовлення тришарошкових бурових доліт та підвищення їх якості і ефективності: монографія / Р. С. Яким, Ю. Д. Петрина, І. С. Яким. – Івано-Франківськ: Видання ІФНТУНГ, 2011. – 384 с.
2. Яким І. С. Підвищення якості виготовлення тришарошкових бурових доліт: дис. ... кандидата техн. наук: 05.02.08 / Яким Ігор Степанович. – Тернопіль, 2016. – 190 с.
3. Яким Р. С. Підвищення якісних показників вставного породоруйнівного оснащення шарошок тришарошкових бурових доліт / Р. С. Яким, Ю. Д. Петрина, І. С. Яким // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2013. – № 3 (48). – С. 127 – 138.
4. Яким Р. С. Основоположні засади вдосконалення конструкції вставного твердосплавного оснащення тришарошкових бурових доліт / Р. С. Яким // Нафтогазова енергетика. – 2011. – № 1 (14). – С.22–28.

УДК 624.151.2

**В.В. Рябчун**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ПІДБІР АРМАТУРИ ДЛЯ ПЛИТ ПЕРЕКРИТТЯ В 9-ТИ ПОВЕРХОВОМУ ЖИТЛОВОМУ БУДИНКУ**

**V.V. Riabchun**

### **SELECTION OF REINFORCEMENT FOR STAIRS SLAB PANELS OF 9-STOREY APARTMENT BUILDING**

Застосування композитної склопластикової арматури в якості інноваційного матеріалу у сучасному будівництві пояснюється поліпшеними фізико-хімічними властивостями даного матеріалу, а саме стійкістю до впливу агресивних середовищ, низькою теплопровідністю та здатністю працювати в різних температурних діапазонах.

Метою роботи є аналіз варіанту армування плит перекриття при використанні композитної склопластикової арматури для будівництва 9-поверхового житлового будинку з магазином в м. Тернополі.

Для аналізу взято панель перекриття з робочою висотою перерізу 200 мм і довжиною 6000 мм, армованою склопластиковою арматурою. Порівняння виконано для різного діаметру арматури та з різним кроком між стержнями. Прийнято навантаження статичне рівномірно розподілене по верхній частині панелі з інтенсивністю  $q=8,7$  кН/м<sup>2</sup>.

Виконано серію розрахунків з використанням прикладного програмного пакету ANSYS, який алгоритмічно базується на методі скінченних елементів.

Результати розрахунків зведено в таблицю 1.

Таблиця 1. Прогин панелі перекриття, армованої склопластиковою арматурою

Арматура	Діаметр стержня, мм	Крок між стержнями, мм	Прогин панелі, мм	Граничний прогин, мм
Композитна склопластиковою арматура	14	200	12,9	15
	10	100	13,0	
	8	100	<b>20,0</b>	

За результатами виконаних розрахунків встановлено, що плити міжповерхового перекриття при використанні арматури з склопластику можуть бути застосовані у декількох варіантах (див. табл. 1) як за діаметром арматурних стержнів, так і за кроком її встановлення. Так склопластиковою арматура діаметром 14 мм з кроком 200 мм та діаметром 10 мм з кроком 100 мм забезпечує достатню жорсткість панелі перекриття. При використанні композитної склопластикової арматури діаметром 8 мм з кроком 100 мм, максимальний прогин плити при проектних навантаженнях більший за гранично допустимий, тобто таке армування застосовувати не можна.

За результатами досліджень зроблено висновок, що при будівництві 9-поверхового житлового будинку з магазином в м. Тернополі можуть застосовуватись панелі перекриття зі склопластиковою арматурою.

#### **Література**

1. ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. – Київ: Мінрегіонбуд, 2011. – 71с.
2. ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи», Київ, 2006.

**УДК 691.328**

**В.Б. Поточняк**

Тернопільський національний технічний університет ім.І.Пулня, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗАХИСНОГО ПОКРИТТЯ НА ВЛАСТИВОСТІ БЕТОНУ**

**V.B.Potochnyak**

## **STUDY OF THE INFLUENCE OF PROTECTIVE COATINGS ON PROPERTIES OF CONCRETE**

Тривалий термін експлуатації бетонних і залізобетонних конструкцій різноманітних будівель і споруд обумовлює необхідність їх підтримки у робочому стані. Будівлі та споруди спеціального призначення на які впливають як постійні так і перемінні навантаження, так і експлуатаційне середовище, що призводить до часткового руйнування конструкцій, наслідком чого є втрата несучої здатності. Особливо це стосується процесів руйнування матеріалу відповідальних конструкцій мостів, димарів, каркасів будівель, стін та інших споруд. Ремонт таких споруд є трудомістким та дорогим процесом і вимагає спеціальних технічних рішень у кожному конкретному випадку.

Довговічність та надійність в експлуатації будівельних конструкцій залежить від стійкості захисного покриття та дії на нього атмосферних чинників. Атмосферостійкість покриття залежить від складу нанесеної композиції, способу її нанесення, температурного режиму затвердіння [1].

Бетон є пористою структурою і набухає за рахунок поглинання води капілярами і порами матеріалу, це пояснюється високим водопоглинанням (85-87%). Крім того при низьких температурах вода що знаходиться всередині пор матеріалів розширюється в об'ємі на 8-9% створюючи таким чином додатковий тиск всередині стін будівель. Волога здатна підніматись до гори від джерела її надходження на висоту до двох метрів по бетонній стіні. Проникаючи всередину, вода порушує сольовий склад матеріалу а при постійному надходженні в конструкції і її просиханні на стінах утворюються білі висоли, що значно позначається на міцності і зовнішньому вигляді.

Для захисту на сучасному етапі використовують різні гідрофобізатори:

- порошкоподібні, які додають в бетон на стадії виготовлення ;
- рідкі просочувальні суміші, якими обробляють поверхню будівель.

Гідрофобізатори поділяються на поверхневої та об'ємної дії. При поверхневій гідрофобізації стіни обробляють валиком чи пульверизатором. Об'ємна обробка виконується заливанням розчину в заздалегідь просвердлені отвори по всій площині оброблюваної поверхні. Об'ємний метод обробки ефективніший оскільки водо відштовхуючий препарат прослужить весь експлуатаційний термін будівлі. А експлуатаційні властивості першого методу складають всього 15-25 років.

Досліджувались дві вихідні композиції захисного покриття на основі акрилових смол та композиційній суміші і силікону на основі акрилових полімерів.

В ході проведених досліджень встановлено що композиції на основі акрилових смол можуть використовуватись в якості проміжного ізолюючого шару. Оброблений захисним покриттям бетон можна використовувати в агресивних середовищах.

### **Література**

1.Машляковский Л.Н. Органические покрытия пониженной горючести –Л.: Химия, 1989.-184с.

**УДК 624.151.2**

**Педро Сельсо Гамільтон да Кошта**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПОШКОДЖЕНЬ І ХАРАКТЕРИСТИК НЕСУЧИХ  
КОНСТРУКЦІЙ КОРПУСУ ТЕХНІЧНИХ СЛУЖБ АТ «ГАЛИЧФАРМ»**

**Celso Hamilton da Costa Pedro**

**STUDY OF DAMAGE AND CHARACTERISTICS OF THE TECHNICAL  
SERVICE CORPUS IN THE «GALIYTCHFARM»**

Метою роботи є визначення технічного стану несучих конструкцій будівлі КСП АТ «Галичфарм» в Тернополі (корпус технічних служб) використовуючи неруйнівні методи та надання рекомендацій з підсилення дефектних конструкцій для подальшої їх безпечної експлуатації.

Об'єктом дослідження є збірне залізобетонне перекриття з порожнистих плит будівлі КСП «Галичфарм».

Методи досліджень – аналіз літературних джерел та аналіз експериментальних досліджень роботи перекриття. Контрольні розрахунки виконано у прикладному програмному комплексі ПК SCAD.

На основі проведених натурних та інструментальних обстежень будівельних конструкцій та виконаних розрахунків основних несучих конструкцій будівлі зроблено висновки щодо придатності до експлуатації будівлі. Розроблено пропозиції та рекомендації з підсилення дефектних конструкцій для подальшої безпечної експлуатації будівлі в цілому.

Таблиця 1

Результати перевірконого розрахунку круглопорожнистих плит перекриття

Ділянка	Коефіцієнт використання	Перевірка	Максимальний прогин, мм
№1	0.775	Міцність по граничному моменту перерізу	6,46
№2	0.753	Ширина розкриття тріщин (довготривала)	17,75
№3	0.806	Міцність по граничному моменту перерізу	11,99

Перевірочний розрахунок балок перекриття проведено з застосуванням програми для розрахунку та перевірки металевих конструкцій «CRISTAL» - програмний комплекс SCAD Office.

За результатами виконаних досліджень зроблено висновок, що несуча здатність круглопорожнистих попередньо напружених плит перекриття відповідає вимогам нормативної та технічної документації (за двома групами граничних станів).

**Література**

1. ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. – 2010, Київ.
2. ДБН 362-2002. Оцінка технічного стану сталевих конструкцій виробничих будівель і споруд, що знаходяться в експлуатації. – 2003, Київ.
3. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. – 2007, Київ.

УДК 631.331.85

М.Р. Паньків

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПРОЦЕСУ ВІДОКРЕМЛЕННЯ ДОМІШОК ВІД КОРЕНЕПЛОДІВ

M.R. Pankiv

### TECHNOLOGICAL ASPECTS OF THE PROCESS OF SEPARATION OF IMPURITIES FROM ROOT CROPS

Відокремлення домішок від коренеплодів у загальному контексті технологічного процесу роботи коренезбиральних машин є однією із важливих і складних технологічних операцій. Для очищення вороху коренеплодів (ВКЦ) від домішок, які надходять із копачів у доволі значній кількості (3...6 кг/п.м або до 5...10 т із 1 га ґрунтових і рослинних домішок, які знаходяться у різних станах), застосовують різнопланові технології і різні типи та конструкції очисників, які функціонально відрізняються один від одного.

Головні принципи еволюції технічних засобів, які призначені для збирання коренеплодів, тісно пов'язані з основними загальними аспектами розвитку технологій та способів їх збирання, а також із удосконаленням основних технологічних операцій безпосереднього збирання коренеплодів (рис. 1), особливо таких, як збирання основного масиву гички та дообрізування її залишків на головках коренеплодів, їх викопування, формування валка викопаних коренеплодів, очищення викопаного ВКЦ від компонентів домішок, завантаження очищених коренеплодів у транспортний засіб, або бункер коренезбиральної машини, формування великих польових кагатів коренеплодів висотою до 3-х метрів із наступним їх підбиранням та завантаженням у транспортний засіб. Основою для подальшого формування наукового світогляду розробників машин для збирання коренеплодів, тобто подальшого розвитку загальної концепції раціональних обрисів сучасних машин, є аналіз світового досвіду поетапного удосконалення процесу

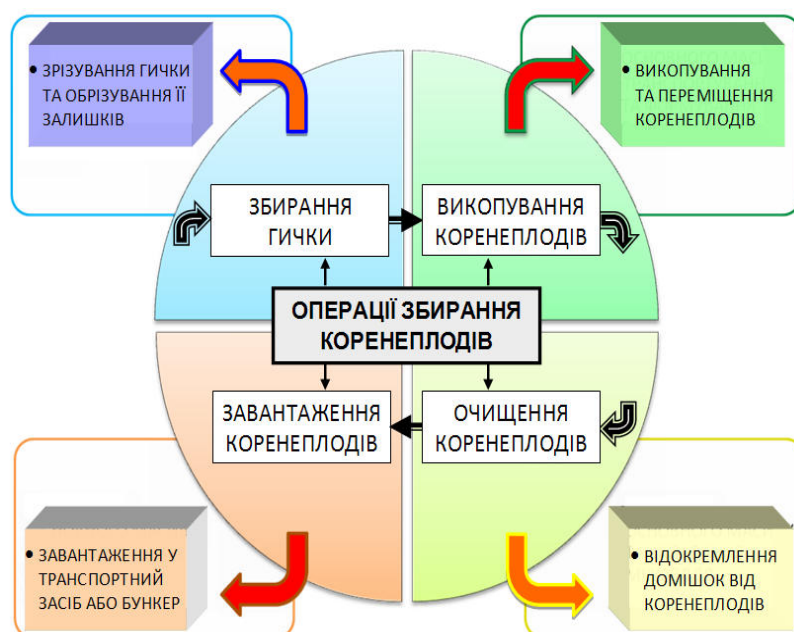


Рисунок 1. Структурна схема операцій збирання збирання.

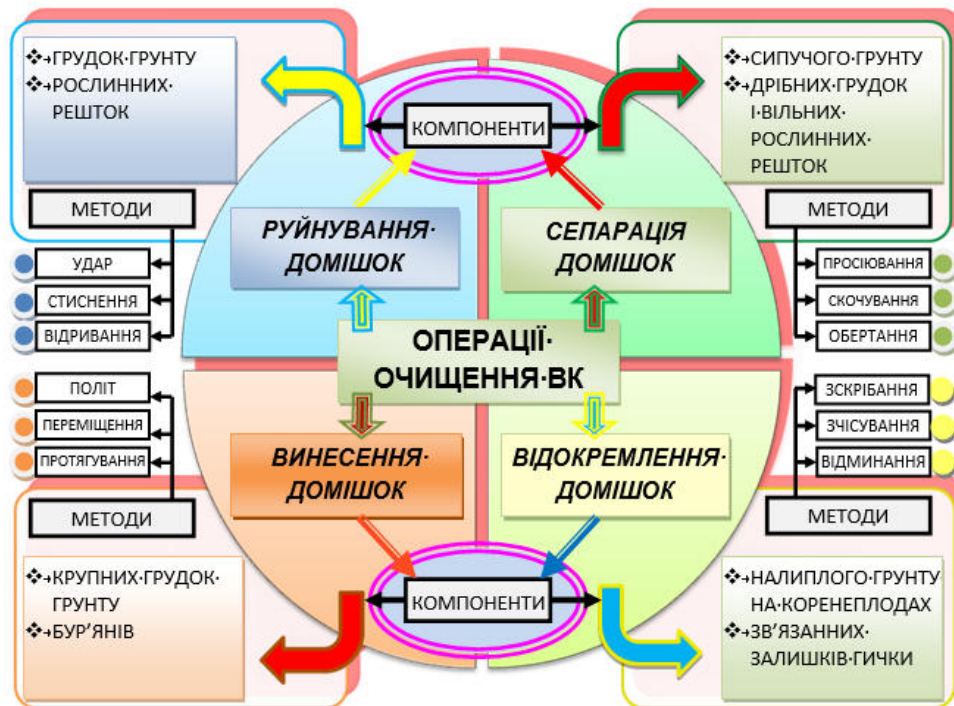


Рисунок 2. Структурна схема основних операцій і методів очищення ВКЦ

Домішки, які є ґрунтового та рослинного походження, у викопаному копачами воросі знаходяться відносно коренеплодів у вільному та «зв'язаному» станах: вільні ґрунтови (сипучий ґрунт, грудки ґрунту різного діаметра – від 20 до 100 мм і різної вологості – від 13 до 28 % та рослинні (втрачена гичка, бур'яни) домішки; «зв'язані» ґрунтови (налиплий ґрунт на поверхні тіла коренеплодів) та рослинні (залишки гички на головках коренеплодів) домішки.

Тому для відокремлення домішок, які знаходяться відносно коренеплодів у різних станах, необхідно застосовувати різні види механічної взаємодії різних форм робочих поверхонь очисників із компонентами домішок.

Основні технологічні операції та методи очищення ВКЦ показано на структурній схемі, яку наведено на рис. 2.

До основних операцій очищення ВКЦ, які виконують транспортно-очисні системи коренезбиральних машин, належить: руйнування домішок (грудок ґрунту й рослинних решток) методами удару, стиснення, відривання; сепарація вільних домішок (сипучого ґрунту, дрібних грудок ґрунту та рослинних решток) методами просіювання, скочування та обертання домішок; відокремлення зв'язаних домішок (налиплого ґрунту та залишків гички на коренеплодах) методами зскрібання, зчісування відминання.

Ефективність функціонування очисників вороху коренеплодів і показників якості роботи їх робочих органів, які призначені для очищення коренеплодів від домішок, залежить від багатьох суб'єктивних і об'єктивних факторів або умов роботи, пріоритетними з яких є: конструктивно-компонувальні особливості очисних робочих органів і, відповідно, функціонально-технологічні процеси, які вони реалізують; фізико-механічні властивості ґрунтового середовища, де знаходяться коренеплоди цикорію кореневого; агробіологічні та фізико-механічні характеристики коренеплодів на період їх збирання.



**УДК 631.361.8**

**Ю.В. Грицай**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **КОМБІНОВАНИЙ ШНЕКОВИЙ ТРАНСПОРТЕР-ПОДРІБНЮВАЧ КОРЕНЕПЛОДІВ**

**Y.V. Gritsay**

### **COMBINED SCREW CONVEYOR-CHOPPER OF ROOT CROPS**

Шнекові транспортери, у якості транспортних механізмів застосовують в аграрній сфері виробництва, переробній та харчовій галузях промисловості, специфіка яких обумовлена наявністю широкої гами технологічних процесів збирання та переробки продукції рослинництва.

В агропромисловому секторі шнекові транспортери призначені для горизонтального, похилого та вертикального переміщення безперервним потоком на значні відстані продуктів аграрного виробництва, наприклад, коренеплодів, зерна, кормових сумішей. Крім цього гвинтові транспортери в силу своїх конструктивних особливостей також можуть одночасно виконувати і суміжні функції - змішування матеріалів, подрібнення або дроблення матеріалів, дозування тощо.

Шнекові транспортні механізми та шнекові конвесери, як окремих технічний елемент транспортних механізмів, широко використовують в конструкціях сільськогосподарських машин – зернозбиральних і бурякозбиральних комбайнах, машинах для внесення добрив, тощо, а також в компоновальних схемах машин переміщення матеріалів в зв'язку з їх простотою конструкції, технічного обслуговування і можливістю завантаження та повного, або часткового розвантаження матеріалу в будь-якому місці технологічної лінії. Тому розробка удосконалених конструкцій шнекових транспортерів, які забезпечують одночасне подрібнення та транспортування матеріалів і обґрунтування раціональних параметрів робочих органів транспортних механізмів, є важливим науковим завданням. Гвинтові транспортери є складовою частиною комплексної механізації і автоматизації виробничих процесів. Їх питома вага в вантажно-розвантажувальних операціях становить 40-45%. Аналіз сучасного стану функціонування шнекових транспортних механізмів показав, що існують значні передумови для проведення подальших досліджень, які спрямовані на розробку та застосування енергозберігаючих, високотехнологічних комбінованих шнекових транспортерів, які забезпечують доволі ефективно виконання суміжних функціональних операцій, як транспортування, так і одночасного подрібнення сировини з продуктів сільськогосподарського виробництва в процесі її переробки.

Метою роботи є підвищення технологічних показників процесу одночасного подрібнення та транспортування коренеплодів шляхом розробки та обґрунтування параметрів робочих органів комбінованого шнекового транспортера-подрібнювача.

Нами на основі ідентифікації існуючих конструкцій шнекових механізмів розроблено удосконалену схему комбінованого шнекового транспортера-подрібнювача коренеплодів. Комбінований шнековий транспортер-подрібнювач складається із завантажувального бункера 1 (рисунок) та напрямної труби 2. В напрямній трубі 2 встановлено шнековий конвесер 3. Шнековий конвесер 3 виконано у вигляді приводного вала 4 на якому змонтовано барабан 5. Приводний вал 4 обертається з кутовою швидкістю  $\omega$ .

На барабані 5 приводного вала 4 по гвинтовій лінії 6 закріплено спіральні витки 7, а по гвинтовій лінії 8 – пластинчаті ножі-подрібнювачі 9. При цьому пластинчаті

ножі-подрібнювачі 9 встановлено на барабані 5 між спіральними витками 7 та під кутом до поперечного січення барабана 5. Гвинтова лінія 6 і 8 виконана зі змінним кроком, при цьому крок  $T_в$  спіральних витків 7 і крок  $T_n$  пластинчатих ножів-подрібнювачів 9 збільшується з постійним кутом підйому гвинтової лінії 6 і 8 в сторону вивантажувальної частини 10 напрямної труби 2.

Знизу під нижньою частиною 11 напрямної труби 2 та паралельно до неї встановлено направляючий лоток 12, який охоплює нижню частину 11 напрямної труби 2. Нижня частина 11 напрямної труби 2, яка співвісна з направляючим лотком 12, має наскрізні отвори 13, які виконано вздовж і впоперек нижньої частини 11 напрямної труби 2.

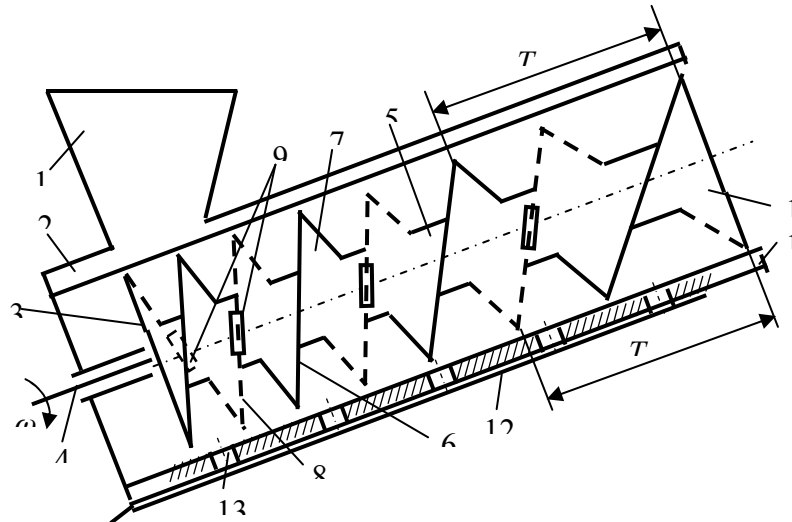


Рисунок 1. Комбінований шнековий транспортер-подрібнювач працює наступним чином.

Сільськогосподарська продукція, наприклад коренеплоди, подаються в завантажувальний бункер 1, які в подальшому переміщуються в напрямну трубу 2 до шнекового конвеєра 3, або до пластинчатих ножів-подрібнювачів 9. Під час обертання приводного вала 4 та, відповідно, барабана 5 і пластинчатих ножів-подрібнювачів 9 відбувається одночасне подрібнення та переміщення подрібнених частинок коренеплодів за рахунок відповідного встановлення пластинчатих ножів-подрібнювачів 9 під кутом до поперечного січення барабана 5 і їх закріплення на барабані 5 по гвинтовій лінії 8.

Крім того, одночасно з переміщенням подрібнених частинок коренеплодів пластинчатими ножами-подрібнювачами 9, також відбувається їх транспортування спіральними витками 7 в сторону вивантажувальної частини 10 напрямної труби 2. Також одночасно з подрібненням та транспортуванням частинок матеріалу відбувається значне виділення та накопичення соковитої рідини, яка утворюється під час подрібнення продуктів переробки. При цьому накопичена соковита рідина через наскрізні отвори 13 витікає на направляючий лоток 12, а далі – за призначенням.

Таким чином, наявність отворів 13 дозволяє переміщувати накопичену соковиту рідину за межі внутрішнього простору напрямної труби 2, що значно знижує енергозатрати процесу транспортування подрібненого матеріалу шнековим конвеєром 3.

УДК 621.8

Т.М. Пелешок канд. техн. наук, Л.Р.Рогатинська, Ю.А. Заставний, П.О. Леськів  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ БУНКЕРНОЇ ПОДАЧІ СИПУЧИХ МАТЕРІАЛІВ

T.M. Peleshok, Ph.D., L.R. Rogatynska, Yu A Zastavnyi, P.O. Les'kiv  
INVESTIGATION OF THE INNINGS OF BULK CARGO MATERIALS  
FROM THE BUNKER

Для визначення розподілу кінематичних та динамічних параметрів потоку сипкого вантажу в робочому просторі бункера, розходу та інших процесів, що виникають під час його витікання, була розроблена експериментальна установка (рис. 1).

Застосоване експериментальне обладнання складається із прозорого бункера 2, який закріплено на рамі 1, до якої кріпиться планка 3, яка в свою чергу виконує роль шибера та направляючої потоку вантажу, що витікає із бункерного пристрою. Планка 3 сконструйована таким чином, щоб існувала можливість зміни кута вивантаження сипкого матеріалу, що дає змогу досліджувати різні процеси, які виникають при вивантаженні бункера і вибирати оптимальні кути. Установка встановлена на електронну вагу 5, що з'єднана з ЕОМ, що дозволяє відображати процеси замірів у вигляді графіків. Планка 4 не з'єднана з рамою, а лише забезпечує відвід матеріалу із зони вивантаження.

В процесі експериментальних досліджень проводилось відеознімання випорожнення прозорого бункера, визначались поля переміщень та швидкостей деформацій, а також оцінювались напруження в потоці вантажу.

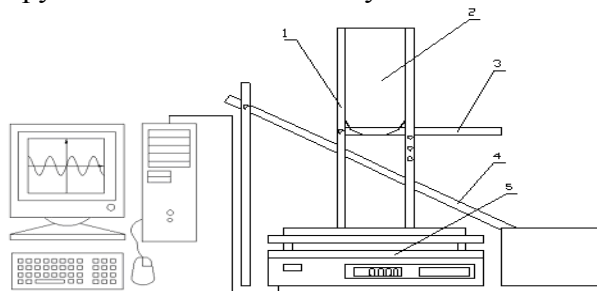


Рисунок 1. Експериментальна установка для дослідження процесів вивантаження сипких вантажів із бункерів

Для дослідження витікання сипкого матеріалу з бункера проведено ряд експериментів, що дало можливість за допомогою ЕОМ та відео обладнання відобразити результати у графічному вигляді. За результатами проведення експериментів було визначено характеристики розходу та зрушення вантажу під час висипання та подальшого раціонального напрямленого завантаження гвинтових та ковшових конвєсерів. При обробці експериментальних даних враховувався вплив мультиплікативної похибки, яка носить систематичний характер, коригування якої здійснювалось автоматично з використання методики та програми, розробленої авторами. За результатами досліджень встановлено, що зрушення і початкова фаза вивантаження матеріалу відзначаються плавністю переходу від стану спокою до стану потоку, коливні процеси в момент відкриття заслінки при цьому не спостерігаються, а дія потоку на похилу площадку носить характер постійного тиску, що підтверджує результати попередніх теоретичних досліджень.

**УДК 631.331.85**

**В.Р. Паньків**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### **УТОЧНЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ЗАПОВНЕННЯ КОМБІНОВАНОГО ГВИНТОВОГО ТРАНСПОРТЕРА**

**V.R. Pankiv**

### **REFINEMENT OF THE FILLING FACTOR OF THE COMBINED SCREW CONVEYOR**

Основними критеріями, які характеризують технологічно-економічну ефективність застосування будь-яких транспортних машин або механізмів, які переміщують матеріали є продуктивність роботи транспортних машин, споживчі енергозатрати процесу транспортування (переміщення) матеріалів, надійність і стабільність виконання технологічного процесу, ресурс роботи тощо.

Комбінований гвинтовий транспортер (ГТ) має свої власні специфічні технологічно-конструктивні елементи та процеси, які суттєво відрізняють його від базових традиційних гвинтових транспортних механізмів.

Присутність одночасних технологічних операцій подрібнення та транспортування матеріалу (коренеплодів), або наявність ножів-подрібнювачів, які встановлено в міжвитковому просторі шнекового конвеєра по гвинтовій лінії вносить суттєві корективи в існуючі методики та методи розрахунку гвинтових механізмів.

Тоді сформулюємо коефіцієнт заповнення комбінованого ГТ (в подальшому – коефіцієнт заповнення  $k_z$ ) як відношення об'єму міжвиткового простору шнекового конвеєра, що заповнений подрібненими коренеплодами до загального об'єму комбінованого ГТ, тобто:

$$k_z = V_{zk} / V_z < 1, \quad (1)$$

де  $V_{zk}$  – заповнений об'єм простору шнекового конвеєра, м<sup>3</sup>;  $V_z$  – загальний об'єм простору комбінованого ГТ, м<sup>3</sup>.

Загальний об'єм  $V_z$  простору комбінованого ГТ:

$$V_z = 0,25\pi(D_k + 2c)^2(T_1n_1 + T_2n_2 + \dots + T_in_j), \quad (2)$$

де  $T_1, T_2, \dots, T_i$  – крок першого, другого,  $i$ -го спірального витка, м;  $n_1, n_2, \dots, n_j$  – загальна кількість спіральних витків одного кроку, м.

Корисний об'єм шнекового конвеєра  $V_{zk}$  складається з різниці об'ємів – загального об'єму шнекового конвеєра  $V_k$  та сумарного об'єму, який займають робочі елементи шнекового конвеєра  $V_e$ , або суми об'єму барабана  $V_{dm}$ , об'єму спіральних витків  $V_c$  і об'єму  $V_n$  ножів-подрібнювачів.

Тоді маємо:

$$V_{zk} = V_k - V_e; \quad V_e = V_{dm} + V_c + V_n. \quad (3)$$

Таким чином, підставивши значення  $V_z$  із (2) і  $V_{zk}$  із (3) у формулу (1) одержимо початкову залежність для визначення коефіцієнта заповнення  $k_z$ :

$$k_z = \frac{(1 - k_n)V_k}{0,25\pi(D_k + 2c)^2(T_1n_1 + T_2n_2 + \dots + T_in_j)} < 1; \quad k_n = \frac{V_e}{V_k} < 1. \quad (4)$$

де  $k_n$  – конструктивний геометричний коефіцієнт.

При цьому:

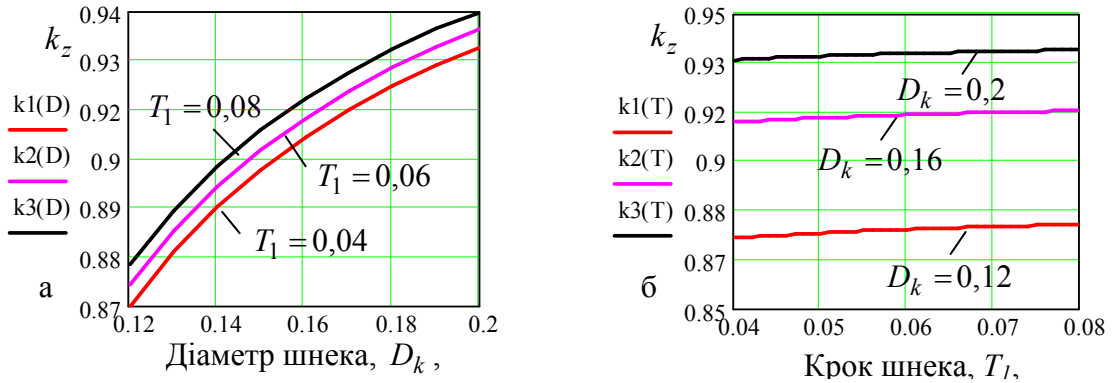


Рис. 2. Залежність зміни коефіцієнта заповнення  $k_z$  як функціонал за  $\theta_1 = 3$  шт.: а –  $k_z = f_n(D_k)$ ; б –  $k_z = f_n(T_1)$

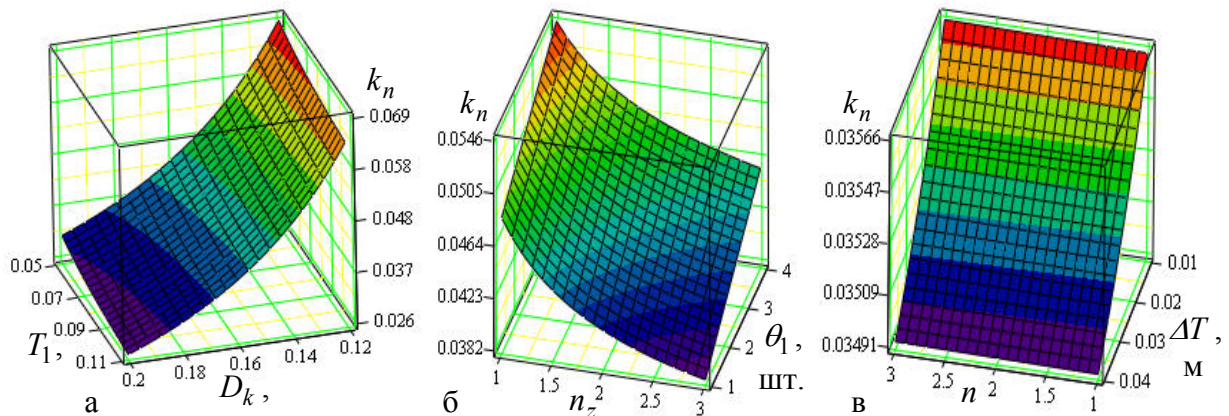


Рисунок 1. Залежність зміни конструктивного геометричного коефіцієнта  $k_n$  як функціонал: а –  $k_n = f_n(D_k; T_1)$ ; б –  $k_n = f_n(n_z; \theta_1)$ ; в –  $k_n = f_n(n; \Delta T)$

$$k_n = \frac{1}{2\pi D_k^2} \left[ \frac{\pi d_m^2 + \frac{4\Omega\delta_c z(D_k - d_m)}{n[2T_1 + \Delta\Gamma(n-1)]} + \theta_1(n_z n - 1)}{\left( \frac{2(a+b)(D_k - d_m)\delta_n \cos\gamma_n - \delta_n^2(2btg\alpha_n \cos\gamma_n + (D_k - d_m))}{n_z n [2T_1 + \Delta\Gamma(n-1)] \cos\gamma_n} - d_m^2 \Theta \right)} \right]; \quad (5)$$

$$k_z = \frac{1 - \frac{d_m^2}{2D_k^2} \left[ \frac{1 + \frac{4\Omega\delta_c z(D_k - d_m)}{\pi D_k^2 [2T_1 + \Delta\Gamma(n-1)]} + \frac{\theta_1(n_z n - 1)\delta_n}{\pi}}{\left( \frac{2(a+b)(D_k - d_m)\cos\gamma_n - \delta_n [btg\alpha_n \cos\gamma_n + 0,5(D_k - d_m)]}{nd_m^2 [2T_1 + \Delta\Gamma(n-1)] \cos\gamma_n} \right)} \right]}{(D_k + 2c)^2} \cdot D_k^2. \quad (6)$$

Аналіз рис. 1 і рис. 2 показує, що конструктивний геометричний коефіцієнта  $k_n$  знаходиться в межах 0,026...0,07, а коефіцієнт заповнення комбінованого ГТ – в межах 0,87...0,94.

УДК 631.356.22

Є.Б. Береженко, В.М. Барановський

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧА ТЕХНОЛОГІЯ ЗБИРАННЯ ГИЧКИ КОРЕНЕПЛОДІВ ЦИКОРІЮ КОРЕНЕВОГО

E.B. Berezhenko, V.M. Baranovsky

### ENERGY-SAVING TECHNOLOGY TOPS ASSEMBLY ROOT CHICORY ROOT VEGETABLES

Незважаючи на зростаючий попит на цикорій і продукти його переробки, посівні площі цієї стратегічно важливої для України культури щорічно скорочуються на 20...30 % через незадовільне забезпечення засобами механізації збирання коренеплодів цикорію. Продукція двох переробних цикорієпереробних заводів України, які завантажені на 15...25 % виробничої потужності, експортується в Францію, Бельгію, Угорщину, РФ, Республіка Білорусь, США.

Важливою умовою одержання доброякісної сировини для цикорієпереробної галузі агропромислового комплексу України є своєчасне збирання коренеплодів цикорію кореневого. Як пізніше, так і дуже раннє збирання призводить до великих втрат багатьох видів цукринів, або якості сировини для її переробки.

Корені цикорію використовують у фармацевтичній, кавовій, спиртовій та кондитерських галузях промисловості. Цінність цикорію визначається наявним вмістом у коренеплодах (середня врожайність 150...350 ц/га) інуліну, фруктози, глюкозиду інтибіну, а також корисних для організму і рідкісних в натуральних продуктах кислот, вітамінів, мікроелементів з включенням заліза, міді, цинку, хрому.

Першим етапом однофазного збирання коренеплодів цикорію кореневого, яке переважно застосовують у країнах ЄС, є двостадійне збирання гички гичкозбиральними модулями у складі самохідних бункерних комбайнів.

На першій стадії зрізують основний масив гички ножами роторного гичкоріза з одночасним її подрібненням та подачею подрібненої гички по траєкторії руху до шнекового конвеєра, транспортують

подрібнену гичку шнековим конвеєром з наступним її вивантаженням з вихідного торця шнекового конвеєра у валок, або розкиданням на зібране поле гичкометальником роторного типу, який встановлюється за вихідним торцем шнекового конвеєра.

На другій послідовній стадії дообрізають залишки гички з головок коренеплодів обрізником, який виконаний за типом «пасивний копір-пасивний ніж», рис. 1.

Застосування сучасних самохідних комбайнів провідних зарубіжних фірм (Кляйне, Моро, Матро, Тім тощо) на незначних посівних площах цикорію кореневого нерентабельне у

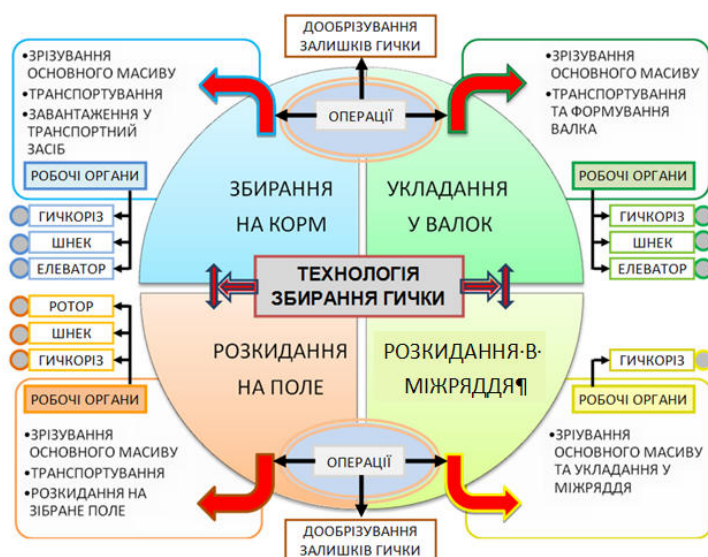


Рисунок 1. Технології та операції збирання гички-  
Матро, Тім тощо) на незначних посівних площах цикорію кореневого нерентабельне у

зв'язку з доволі значними енергозатратами на збирання гички та значною купівельною вартістю таких машин – 250...800 тис. грн за одиницю.

Передумовою подолання кризової ситуації сільського господарства України, є подальший розвиток сільськогосподарського машинобудування, який повинен базуватися на принципово нових підходах до створення та застосування високоефективних енергозберігаючих технологіях збирання сільськогосподарських культур. Тому розробка нових конструкцій технічних засобів для збирання гички загалом, повинна базуватися на світовому досвіді зменшення енергетичних ресурсів, враховуючи при цьому особливості вітчизняних агротехнічних, техніко-економічних, екологічних та інших виробничих вимог. Найбільш перспективним напрямком збирання гички коренеплодів цикорію, який реалізується застосуванням енергозберігаючої технології, є технологія при якій зрізану та подрібнену гичку розкидають у міжряддя (рис. 1) та за якої виконується тільки одна послідовно-суміжна технологічна операція – зрізування основного масиву гички з наступним розкиданням її у визначені та допустимі межі ширини міжряддя коренеплодів одним робочим органом.

Це забезпечить значне зниження енергозатрат за рахунок усунення на першій стадії операції транспортування подрібненої гички шнековим конвеєром, тобто за рахунок усунення шнекового конвеєра та підвищення ефективності роботи викопувальних робочих органів коренезбиральної машини.

Нами на основі проведеної ідентифікації існуючих конструкцій гичкозбиральних машин розроблено удосконалену конструкцію гичкозбирального модуля.

Гичкозбиральний модуль складається з рами 1 (рис. 2), на якій послідовно встановлено опорні колеса 2, вал 3 з горизонтальною віссю обертання 4 та розташований спереду і над верхньою частиною вала дугоподібний кожух 5.

Вал встановлено в опорах 6, які змонтовано на рамі та виконано у вигляді барабана 7 на якому закріплено гичкозрізувальні ножі 8 Г-подібної форми.

Між гичкозрізувальними ножами на барабані та у міжрядді коренеплодів розташовано ділильні диски 9. На внутрішній частині дугоподібного кожуха встановлено направляючі канали 10 для транспортування гички, які мають вхідну 11 та вихідну 12 частини. За вихідною частиною кожного направляючого каналу встановлено фартух 13, причому вихідна части-

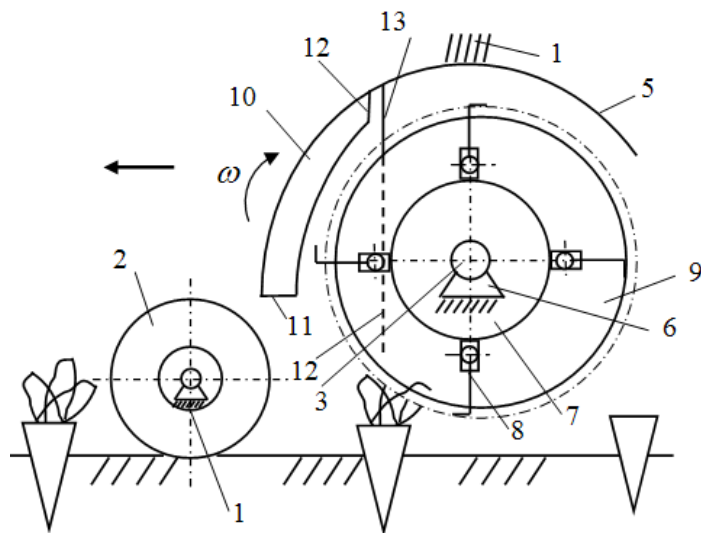


Рисунок 2. Конструктивна схема гичкозбирального модуля

на кожного направляючого каналу та фартуха розташована між суміжними ділильними дисками. Вал обертається з кутовою швидкістю  $\omega$ , напрямком руху якої односторонній напрямку руху пристрою. Таким чином, розкидання зрізаної гички в міжряддя коренеплодів у зону розташування ділильних дисків знижує енергозатрати процесу збирання гички та підвищує технологічні можливості машини.

УДК 631.356.2

**О.Ю. Скальський, В.М. Барановський докт. техн. наук**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МАСИ НАЛИПЛОГО ГРУНТУ НА ПОВЕРХНІ ТІЛА КОРЕНЕПЛОДІВ ЦИКОРІЮ**

**A.Ju. Skalsky, V.M. Baranovsky Dr., Prof.**

### **EXPERIMENTAL STUDIES OF THE MASS OF ADHERED SOIL ON THE SURFACE OF THE BODY OF CHICORY ROOT CROPS**

На першому етапі досліджень з метою підтвердження вірогідності випадкового розподілу маси налиплого ґрунту на поверхні тіла викопаних коренеплодів  $M_n^{(i)}$  і з метою встановлення функціонального закону розподілу значень випадкових величин маси налиплого ґрунту на бічній поверхні для трьох розмірних груп викопаних коренеплодів цикорію:  $D_k = 40$  мм;  $D_k = 60$  мм;  $D_k = 80$  мм, проведено обробку експериментального масиву генеральної вибірки згідно зі стандартною методикою.

Поділ на класи одержаного експериментального масиву даних генеральної вибірки безперервного випадкового процесу маси налиплого ґрунту на поверхні викопаних коренеплодів виконано за правилом Штюрґеса.

У результаті обробки генеральної вибірки (кількість вимірів кожної групи коренеплодів цикорію, або об'єм генеральної вибірки –  $N \geq 100$ ) побудовано гістограму та полігон розподілу частот маси налиплого ґрунту на бічній поверхні для трьох розмірних груп викопаних коренеплодів цикорію, кожна з яких (рисунок) відтворює диференційний закон розподілу випадкової величини, або щільність розподілення  $M_n^{(40)}$ ,  $M_n^{(60)}$  і  $M_n^{(80)}$ .

Аналіз побудованих гістограми та полігону щільності розподілу випадковості процесу (рисунок) показує, що диференційний закон щільності розподілу маси налиплого ґрунту на бічній поверхні коренеплодів цикорію  $M_n^{(40)}$ ,  $M_n^{(60)}$  і  $M_n^{(80)}$  після їх викопування копачем близький до нормального (крива 1), а безпосередньо диференційний закон ймовірності щільності розподілу у загальному випадку має вигляд:

$$f(x_1) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x_1 - \mu}{\sigma}\right)^2} = f(M_n^{(40)}) = \frac{1}{10,53\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{X_n^{(40)} - 4,45}{10,53}\right)^2}; \quad (1)$$

$$f(x_2) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x_2 - \mu}{\sigma}\right)^2} = f(M_n^{(60)}) = \frac{1}{17,72\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{X_n^{(60)} - 8,62}{17,72}\right)^2}; \quad (2)$$

$$f(x_3) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x_3 - \mu}{\sigma}\right)^2} = f(M_n^{(80)}) = \frac{1}{23,68\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{X_n^{(80)} - 9,16}{23,68}\right)^2}; \quad (3)$$

де  $\sigma$  – середнє квадратичне відхилення;  $\mu$  – математичне сподівання.

Перевірка гіпотези про нормальний розподіл вибіркової сукупності випадкової величини  $M_n^{(40)}$ ,  $M_n^{(60)}$  і  $M_n^{(80)}$  необхідна для підтвердження або відхилення нульової гіпотези про розподіл випадкової величини та належність вибіркової сукупності до



генеральної. Перевірка відповідності розподілу випадкової величини  $M_n^{(40)}$ ,  $M_n^{(60)}$  і  $M_n^{(80)}$  нормальному закону розподілу проведена за критерієм відповідності Колмогорова-Смирнова  $K(\lambda)$ .

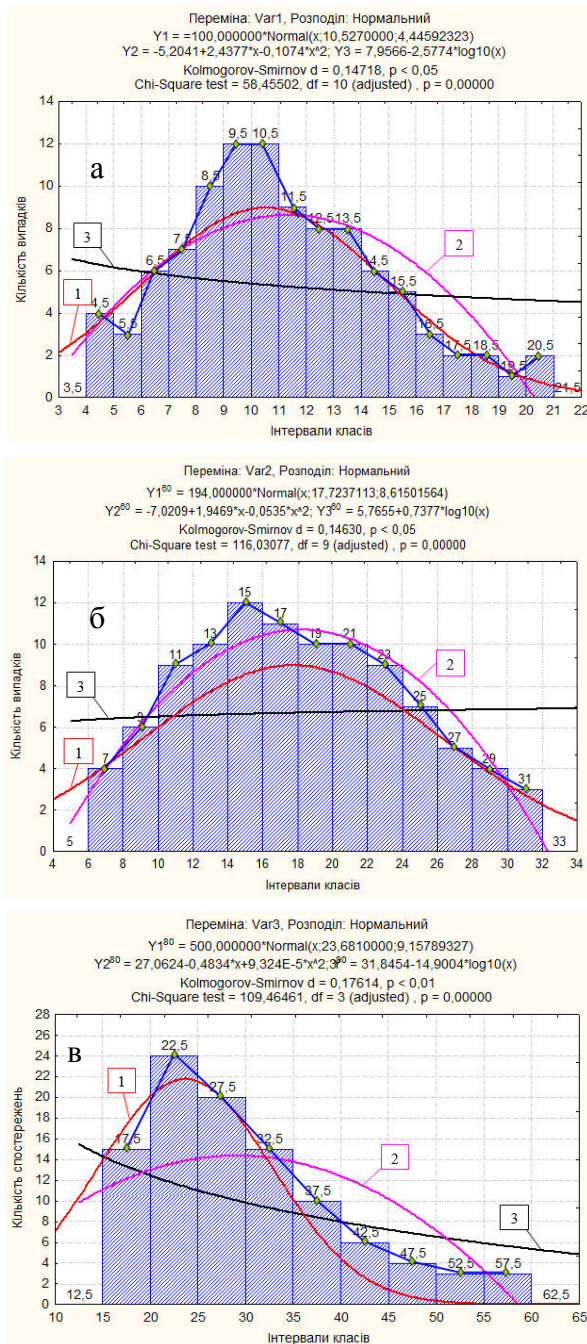


Рисунок. Гістограма та полігон щільності розподілу: а –  $M_n^{(40)}$ ; б –  $M_n^{(60)}$ ; в –  $M_n^{(80)}$ ; 1 – нормальний закон розподілу; 2 – квадратичний закон розподілу; 3 – логарифмічний закон розподілу

Імовірність основного експериментального масиву зміни маси налиплого ґрунту на бічній поверхні тіла викопаних копачем коренеплодів цикорію знаходиться в межах:

- для коренеплодів  $D_k = 40$  мм – 8...14 г з кількістю випадків рівним 59;
- для коренеплодів  $D_k = 60$  мм – 12...24 г з кількістю випадків рівним 62;
- для коренеплодів  $D_k = 80$  мм – 15...35 г з кількістю випадків рівним 74.

На другому етапі для побудови емпіричної математичної моделі, яка характеризує зміну маси налиплого ґрунту на бічній поверхні тіла викопаних коренеплодів цикорію було реалізовано трифакторний експеримент типу ПФЕ  $3^3$ .

Діаметр головки коренеплоду  $D_k$  приймали цілим значенням з похибкою  $\pm 0,5$  см, тобто якщо діаметр коренеплоду  $D_k = 59,5$  мм то приймали значення  $D_k = 60,0$  мм, або  $D_k = 39,6$  мм то приймали значення  $D_k = 40,0$  мм і т.д.

Апроксимуючу функцію параметра оптимізації для першого та другого випадків, тобто характер зміни маси налиплого ґрунту на поверхні тіла коренеплодів цикорію  $M_{1n}$  після перевірки адекватності емпіричної моделі отриманому масиву експериментальних даних знаходили у вигляді математичної моделі логарифмічної функції.

Одержано рівняння регресії зміни маси налиплого ґрунту на поверхні тіла коренеплодів цикорію  $M_{1n}$ ,  $M_{2n}$  у натуральних величинах:

$$M_{1n} = -203,44 + 17,65 \ln(W) + 48,91 \ln(D_k) - 54,72 \ln(V_k); \quad (4)$$

$$M_{2n} = -8,43 - 0,12 \ln(W) + 36,37(D_k) - 19,86 \ln(n_o) \quad (5)$$

**УДК 621.3**

**В.О. Мерзлов**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ТИСК В КОНТАКТІ РОЛИКА З ДЕТАЛЛЮ ПРИ ОБКАТУВАННІ РОЛИКАМИ**

**O.V. Merzlov**

### **THE PRESSURE IN THE CONTACT OF A ROLLER ROLL WITH A DETAIL IN ROLLING**

Деформація металу при обкатуванні починається з втискування ролика в поверхню деталі. Початковий контакт ролика з деталлю може бути точковим або лінійним залежно від форми контактуючих тіл. Під дією прикладеної сили ролик вдавлюється в деталь, утворюючи на її поверхні відбиток, форма якого відіграє важливу роль в подальшому процесі пластичної деформації при обкатуванні.

Відбиток еліптичної форми утворюється при обкатуванні деталі довільної форми роликком кругового профілю, якщо радіус його кривизни не рівний радіусу кривизни деталі, взятому із зворотним знаком. Ролики з робочим профілем, виготовленим у формі тора, бочки або сфери (зокрема кульки), мають переваги, що забезпечують їм широке застосування у виробничій практиці. При їх використанні постійність форми відбитку зберігається незалежно від точності встановлення ролика і жорсткості системи верстат–інструмент–деталь. Ролики кругового профілю широко використовуються при чистовій обкатці і служать основним інструментом для зміцнення. Прямокутний відбиток створюється при лінійному початковому контакті ролика з деталлю.

Умовою утворення лінійного контакту служить рівність абсолютних величин кривизни профілю ролика і деталі. Прямокутний відбиток створює якнайкращі умови деформації при обкатці без подовжньої подачі коротких поверхонь, коли ширина ролика перекидає довжину обкатуваної ділянки (повноконтатні ролики).

Застосування роликів, що мають лінійний контакт з деталлю, для обкатування з подовжньою подачею вимагає вживання заходів, що знімають концентрацію контактних напружень на краю відбитку, протилежному напрямую подачі; у цьому місці припиняється контакт деталі з роликком і остаточно формується обкатана поверхня.

Пружний напружений стан, в якому ролик і деталь знаходяться під дією робочої сили, залежить від їх пружних властивостей і форми поверхні контакту деталі, що утворилася в результаті пластичної деформації. При точковому початковому контакті, що перетворюється під навантаженням в еліптичний, теорія Герца припускає розподіл контактного тиску по еліпсоїду з максимальним тиском в центрі:

$$P_{max} = \frac{3P}{2\pi ab}, \quad (1)$$

де  $P$  – сила втискування;

$a$  і  $b$  – піввісь еліптичного контакту в осьовому і поперечному перетинах.

Утворення пластичного відбитку, як буде показано нижче, призводить до істотного збільшення розмірів контакту, але через пружне відновлення розвантажених деталі і ролика їх початковий контакт залишається точковим. Кут втискування ролика при обкатці звичайно не перевершує  $10^\circ$ .

У випадку лінійного початкового контакту двох циліндричних поверхонь просторова епюра тиску є еліптичним циліндром в осьовому перетині, постійним по довжині контакту:

$$P_{max} = \frac{P}{\pi ab} . \quad (2)$$

Проте теорія Герца у разі лінійного контакту визначає напружений стан в точках, віддалених від країв (контакт безкінечної довжини). При обмеженій довжині контакту тиск можна вирахувати, враховуючи, що напружений стан в будь-якому січенні є плоским:

$$p(x) = \frac{P}{\pi\sqrt{a^2 - x^2}} . \quad (3)$$

Біля країв ролика, які мають нульовий радіус кривизни, тиск прямує до нескінченності. При кінцевій кривизні заокруглень профілю ролика у торців концентрація знижується. Чим більшу частку довжини контакту займають заокруглені ділянки, тим більшою мірою знижується концентрація. Дотримуючись цієї методики, можна побудувати профіль роликів, що створюють в умовах пружного контакту будь-яку задану епюру тиску, зокрема  $p(x) = const$ .

Передуючи стабілізуючій пружній взаємодії пластична деформація деталі істотно впливає на епюру контактних напружень, головним чином за рахунок спотворення кривизни поверхні в крайніх зонах. На краю пластичного відбитку кривизна деталі може досягати значної величини, що приводить до відповідного зростання концентрації напружень і посиленої деформації біля країв відбитку. В результаті на обкатаній поверхні залишається слід подачі ролика і з'являються дефекти, пов'язані з коливаннями подачі.

Практичним засобом боротьби з небажаною концентрацією є обмеження кута втискування ролика в осьовому перетині. Це досягається збільшенням радіусів кривизни, обмеженням робочої сили або установкою ролика під малим фіксованим кутом до обкатної поверхні, причому відбиток набуває каплеподібної форми, що звужується в протилежну подачі сторону.

### **Література**

1. Паливода Ю. Є., Капаціла Ю. Б., Ткаченко І. Г. Технологія оброблення зубчастих коліс : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 136 с.
2. Гевко, Б.М. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи магістра спеціальності 8.090202 [Текст] / Б. М. Гевко, Ю. Б. Капаціла, І. Г. Ткаченко — Тернопіль : ТДТУ, 2002. — 35 с.
3. Технологія оброблення корпусних деталей : Навчальний посібник [Текст] / Укладачі: Ю. Є. Паливода, І. Г. Ткаченко, Ю. Б. Капаціла, Ів. Б. Гевко. — Тернопіль : ТНТУ, 2016 — 156 с.

УДК 621.867

**Х.О. Лизан, Д.В. Верескля, П.С. Федорів**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ БУНКЕРНОГО ЖИВИЛЬНИКА**

**K.O. Lyzan, D.V. Vereskliia, P.S. Fedoriv**

### **STUDY OF OPTIMAL PARAMETERS OF BUNKER BATCHER**

У технологічних процесах виробництва для забезпечення безперебійної роботи використовуються проміжні ємності (нагромаджувачі). Бункери — це споруди у вигляді посудин для тимчасового нагромадження і зберігання насипних матеріалів. Крім того, бункери застосовують у завантажувальних вузлах машин безперервної дії як ємностей, що приймають вантажі від машин циклічної дії порціями та видають на конвеєр безперервним потоком.

Найпоширеніші форми бункерів: пірамідальні, призмопірамідальні, конічні, циліндричні, параболічні, щілиновидні. Форма бункера повинна бути такою, щоб його можна було повністю завантажити і розвантажити; в ньому не повинно бути «мертвих» зон, у яких матеріал втрачає рухливість і не може висипатися з бункера [1].

Залежно від властивостей матеріалу та форми бункера розрізняють два способи витікання матеріалу з отворів бункера: нормальний, коли матеріал рухається вниз у вигляді стовпа над отвором, і гідравлічний, коли рухається весь сипкий матеріал. У більшості випадків насипний вантаж із бункерів витікає нормально, а в бункерах з великим кутом нахилу стінок і при постійному їх струшуванні спостерігається гідравлічне витікання. Кут нахилу стінки залежить від матеріалу:  $\beta = 36^\circ$  для зерна;  $\beta = 45-60^\circ$  для сортового і дрібного вугілля (більше значення);  $\beta = 65^\circ$  для руди [2].

Процес дозування сипучих матеріалів є складним по своїй суті. Одним із визначальних характеристик бункерного дозатора є його діаметр.

Аналізуючи основні складові характеристик – напруження зсуву продукту, геометричні розміри частинок, кут природнього відкосу і густина продукту, можна зауважити, на склепіння найбільше впливає кут природнього відкосу продукту.

Розглянемо основні чинники, що впливають на допустимий діаметр бункера.

Напруження зсуву. Із зростанням даного параметра спостерігається зростання необхідних геометричних розмірів дозатора.

Геометричні розміри частинок. Чим більший розмір частинок, тим складніше їм утворити склепіння. Тому при зростанні розмірів частинок можна зменшити величину мінімального радіуса бункера

Кут природнього відкосу. Зі зростанням кута природнього відкосу різко падає значення допустимого мінімального радіуса бункера. І при значенні приблизно 2 радіани і більше вже практично немає суттєвого значення, який саме кут природнього відкосу на даний момент.

Густина продукту впливає на значення мінімального радіуса бункера, хоча практично не суттєво. Що цілком зрозуміло, оскільки геометричні параметри і параметри зсуву продукту більше впливають на фасування продукту.

#### **Література**

1. Гячев Л. В. Движение сыпучих материалов в трубах и бункерах / Гячев Л. В. – М.:Машиностроение, 1968. – 184 с.
2. Зенков Р. Л. Бункерные устройства / Зенков Р. Л. – М. : Машиностроение, 1972. – 182 с.

**УДК 621.924**

**А.М. Павлишин, О.А. Гнитка, П.С. Федорів**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ПОБУДОВА СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ВЕНТИЛЯЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ЦЕХІВ**

**A.M. Pavlyshyn, O.A. Gnytko, P.S. Fedoriv**

## **BUILDING OF AUTOMATIC SYSTEMS VENTILATION CONTROL OF MANUFACTURING SHOPS**

Найважливішим джерелом економії паливно-енергетичних ресурсів, затрачуваних на теплопостачання великих виробничих будинків зі значним споживанням теплової й електричної енергії, є підвищення ефективності роботи системи припливно-втяжної вентиляції на основі використання сучасних досягнень обчислювальної й керуючої техніки.

Побудова системи автоматичного регулювання на підставі вимог до точності й інших параметрів її роботи зводиться до вибору її структури й елементів, а також до визначення параметрів регулятора. Звичайно, це виконується фахівцями з автоматизації з використанням класичної теорії автоматичного регулювання. Параметри налаштування регулятора визначаються динамічними властивостями об'єкта керування й обраним законом регулювання. Закон регулювання – взаємозв'язок між вхідним ( $\Delta$ ) і вихідним ( $U_p$ ) сигналами регулятора.

Найпростішим є пропорційний закон регулювання, у якому  $\Delta$  і  $U_p$  зв'язані між собою постійним коефіцієнтом  $K_n$ . Цей коефіцієнт і є параметр налаштування такого регулятора, який називають П-регулятор. Його реалізація вимагає застосування регульованого підсилювального елемента, який може функціонувати як із залученням додаткового джерела енергії, так і без нього.

Однієї з різновидів П-регуляторів є позиційні регулятори, які реалізують пропорційний закон регулювання при  $K_n \rightarrow \infty$  і формують вихідний сигнал  $U_p$ , що має певне число постійних значень, наприклад, два або три, що відповідають дво- або трипозиційним регуляторам. Такі регулятори іноді називають релейними через подібність їх графічних характеристик з характеристиками реле. Параметром налаштування таких регуляторів служить величина зони нечутливості  $\Delta_\epsilon$ .

У засобах автоматизації систем вентиляції двопозиційні регулятори завдяки простоті й надійності знайшли широке застосування при регулюванні температури, тиску й інших параметрів стану процесу. Двопозиційні регулятори використовуються також у системах автоматичного захисту, блокувань і перемикання режимів роботи устаткування. У цьому випадку їх функції виконують датчик-реле.

Також регулювання температури підігріву повітря може бути виконане П-регулятором, які працюють за принципом балансування: збільшувати температуру при її значенні меншому за встановлене і навпаки. Така інтерпретація закону також знайшла застосування в системах, що не вимагають високої точності.

### **Література**

1. Бондарь Е.С. Автоматизация систем вентиляции и кондиционирования воздуха / Е.С. Бондарь, Б.К. Пажин, С.В. Троегубов и др.; под ред. Е.С. Бондаря. - К.: «Аванпост-Прим», 2005. – 816 с.

2. Олссон, Г., Цифровые системы автоматизации и управления: издание третье, переработанное и дополненное / Г. Олссон, Дж. Пиани.: СПб.: Невский диалект, 2001. – 520 с.

**УДК 621.924**

**А. Чорній, Д.Я. Баран**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **АВТОМАТИЗОВАНИЙ МЕТОД ОБРОБЛЕННЯ ДЕФЕКТОСКОПІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ**

**A. Chorniy, D.Y. Baran**

## **АВТОМАТИЗОВАНИЙ МЕТОД ОБРОБЛЕННЯ ДЕФЕКТОСКОПІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ**

На основі аналізу методів та засобів неруйнівного контролю матеріалів і конструкцій встановлено, що акустичний контроль є найдієвішим при оцінюванні дефектності об'єктів тривалої експлуатації, зокрема нафто- та газопроводів, мостових споруд тощо. Проте, одним з «вузьких місць» методу залишається складність опису результатів контролю [1]. Крім того, обмеженою є інформація про виявлений дефект, його геометричні параметри, розміри. Це ускладнює використання одержаної інформації дефектоскопічного контролю для прогнозування залишкової довговічності реальних об'єктів. Саме тому важливим є розроблення методів та програмних засобів які забезпечують можливість оброблення та кількісного аналізу дефектоскопічної інформації для визначення типів та розмірів дефектів.

В даній роботі запропоновано метод опрацювання акустичних сигналів (зображень), за допомогою оптико-цифрового аналізу. Такий підхід дозволив кількісно описати втомні та корозійні дефекти, а також вирішити дефектометричну проблему визначення їх геометричних параметрів. Автоматизовані засоби аналізу зображень забезпечили можливість візуалізації внутрішнього об'єму матеріалів з внутрішніми дефектами, зокрема зварних швів [1]. Проте, визначення типів виявлених дефектів можливе за аналізом їх геометрії за даними оцінювання параметрів акустичних зображень. Останнім часом спостерігається зміщення акцентів у бік розробки експертних автоматизованих систем аналізу зображень дефектів матеріалів у реальному масштабі часу. Проте, слід усунути суб'єктивні чинники, зумовлені зокрема похибками розпізнавання та оцінювання зображень, та недоліками, які вносяться під час їх формування.

З появою сучасних обчислювальних високопродуктивних та швидкодійних алгоритмів вдалося забезпечити процес аналізу сигналів акустичної емісії з урахуванням їх глибшого оброблення та інтерпретації. В нашій роботі запропоновано основні принципи, методи та механізми побудови алгоритму обробки автоматизованих зображень, розпізнавання та аналізу їх просторово-часової структури. Запропоновано структуру, функціональність, логічні схеми підвищення інформативності опрацювання акустичних сигналів. Розглянуто підхід, який дозволяє створювати проблемно-орієнтовані та спеціалізовані експертні системи, налаштовані на певну аналізовану ділянку контрольованого об'єкту. Одержані результати експериментальної перевірки окремих підсистем запропонованого алгоритму, які підтверджують доцільність створення такої експертної системи та ефективність її практичного використання у технічному діагностуванні матеріалів і конструкцій.

### **Література**

1. *Методика* вибору перетворювачів з фазованими решітками для визначення розмірів та форми дефектів / О. В. Попович, О. М. Карпаш, М. О. Карпаш // Фізико-хімічна механіка матеріалів. - 2016. - Т. 52, № 3. - С. 126-132.4

**УДК 624.1**

**М.В. Грубенюк**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ОСОБЛИВОСТІ ЗВЕДЕННЯ СУМІЖНИХ ВИСОТНИХ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ**

**M.V. Hrubeniuk**

### **FEATURES OF CONSTRUCTION OF RELATED HIGH-RISE RESIDENTIAL BUILDINGS**

В умовах здорожчання землі, все частіше виникає необхідність зведення будівель та споруд у середовищі щільної забудови. В подібних умовах зводяться дедалі більше житлових споруд, зокрема і висотних.

Правила зведення подібних фундаментів пов'язані з основним законом роботи фундаментів: при збільшенні навантаження, відбуватиметься стискання ґрунту і ріст просідання. Саме тому, на період будівництва між фундаментами сусідніх будівель повинен бути технологічний стик. Зазвичай, розрив влаштовують у вигляді зазору в 20 - 40 мм, в якому розташовуються кінці арматури. По завершенню будівництва обох будівель, коли фундаменти просядуть, зазор заповнюють бетоном. Варто зазначити те, що навесні несуча здатність ґрунту знижується через підвищення його вологості. Споруда, зведена на новому фундаменті ще додатково просяде. Тому фундамент повинен один сезон відстоятися перед його остаточним з'єднанням зі старим фундаментом.[1] Що стосується стін суміжних будівель, то зазор по стику стін повинен бути 3 - 10 см із випуском арматури з боку стін, що з'єднуються. Зазор заповнюється розчином через рік після завершення будівництва. Якщо арматуру зі стін випустити вже неможливо, то зазор перекривають армопоясом на рівні верхнього перекриття. Такий прийом дозволяє уникнути розкриття стику

Фундаменти суміжних споруд повинні відноситись до одного типу за глибиною закладення (глибокого чи мілкого закладання) [2]. Прибудова до будинку, як правило, має три стіни. Дві стіни, що примикають до існуючих споруд, не стійкі до бічних навантажень, тому, при довжині стіни більше 3-4 метрів, її необхідно або надійно з'єднати з будинком або створити коротку поперечну стінку. Забудова суміжних ділянок з існуючими спорудами, повинна бути об'єктом особливої уваги для служб експлуатації. У період виконання робіт по розробці котловану, зведенні наземної частини, введенні в експлуатацію нових споруд та під час їх експлуатації необхідно вести регулярне обстеження існуючих конструкцій [2].

Таким чином, в умовах щільної забудови, при будівництві нових споруд, слід особливо ретельно слідкувати за існуючими конструкціями, при виникненні їх пошкодження потрібно негайно припинити проведення будівельних робіт та вжити заходів щодо обмеження руйнування. Особливо небезпечним є стикування нової висотної споруди із існуючою малоповерховою забудовою. Розрахунок технологічних стиків здійснюють з врахуванням особливостей існуючого фундаменту і споруджуваної будівлі.

#### **Література**

1. Сотников С. Н., Симагин В. Г., Вершинин В. П. Проектирование и возведение фундаментов вблизи существующих сооружений. – М. : 1986.
2. ДБН В.2.1-10-2009 Основи та фундаменти споруд. К.: Мінрегіонбуд України, 2009.

**ЗМІСТ**

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

1. **Н. М. Блашко, І. Д. Олексеюк О. В. Марчук** 5  
СИСТЕМА  $\text{La}_2\text{S}_3 - \text{Ga}_2\text{S}_3 - \text{GeS}_2$  ЗА ТЕМПЕРАТУРИ 770 К  
**N. M. Blashko, I. D. Olekseyuk O. V. Marchuk**  
THE  $\text{La}_2\text{S}_3 - \text{Ga}_2\text{S}_3 - \text{GeS}_2$  SYSTEM AT TEMPERATURE 770 K
2. **О.Г. Івашко, О.Л. Романовський, О.В. Макачук** 7  
ЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА ЗРУБУВАННЯ РОСЛИННОСТІ  
**O.G. Ivashko, O.L. Romanovsky, Ph.D., Prof., O.V. Makarchuk, Ph.D.,  
Assoc. Prof.**  
ENERGYASSESSMENTOFVEGETATIONABANDONMENT
3. **Гаращенко В.І., Гаращенко О.В., А.Ю. Масний** 9  
МАГНІТНІ ВЛАСТИВОСТІ КУЛЬКОПОДІБНИХ ЗАЛІЗОХРОМИСТИХ  
ФІЛЬТРУЮЧИХ МАТРИЦЬ  
**V.I. Garashchenko, O.V.Garashchenko, A.Y.Masnyi**  
MAGNETIC PROPERTIES OF SPHERICAL IRON-CHROMIUM  
FILTERING MATRIXES
4. **О.А. Пророк, М.В. Яцков, Н.М. Корчик.** 11  
ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ВИСОКОКОНЦЕНТРОВАНИХ  
СУСПЕНЗІЙ ГАЛЬВАНІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ У ФОРМІ РЕАГЕНТНИХ  
ШЛАМІВ  
**O.A. Prorok, M.V. Yatskov, N. M. Korchik,**  
PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF HIGH-CONCENTRATED  
SUSPENSIONS FROM GALVANIC MANUFACTURES IN THE REAGENT  
SLIMS FORM
5. **С.М. Шкрильова, В.К. Костенко** 13  
ОДЕРЖАННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ АНТРАЦИТОЗАМІНЮЮЧОГО  
ВУГІЛЬНОГО ПАЛИВА В УКРАЇНІ  
**S.M. Shkrylova, V.K. Kostenko**  
PRODUCING AND APPLYING OF ANTHRACITE-SUBSTITUTED  
ALTERNATIVE COAL FUEL IN UKRAINE

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

1. **М.А. Басара** 15  
ДЕФОРМУВАННЯ НИЖНЬОГО ПОЯСУ ПРЯМОКУТНОЇ ЗВАРНОЇ  
ФЕРМИ  
**M.A. Basara**  
DEFORMATION OF BOTTOM CHORD OF RECTANGULAR WELDED  
TRUSS
2. **В.М. Бирда, М.Ф. Примачик, В.В. Петрик, П.І. Таращук, А.В. Матвійів** 16  
ПОКРАЩЕННЯ ЗВАРЮВАНOSTІ ЛЕГОВАНИХ СТАЛЕЙ, ЩО  
ЗАГАРТОВУЮТЬСЯ  
**V.M. Byrda, M.F. Prymachyk, V.V. Petryk, P.I. Tarashuk, A.V. Matvijiv**  
IMPROVEMENT OF WELDING STEELED STEELS



3. **О.О. Бейгул, Д.Б. Серєда.** 17  
ОТРИМАННЯ ХРОМОАЛІТОВАНИХ ПОКРИТТІВ НА  
КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛАХ В УМОВАХ СВС ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ  
АВТОМОБІЛІВ  
**O.A. Bejgul, D.B. Sereda.**  
RECEIPT OF CHROME-ALATED COATINGS ON COMPOSITE  
MATERIALS IN THE CONDITIONS OF SHS FOR CAR PARTS
4. **О.І. Буря, О.О. Набережна, С.В. Калініченко, О.А. Терентієва** 19  
ВПЛИВ РЕЖИМУ ФОРМУВАННЯ НА МІЦНІСНІ ВЛАСТИВОСТІ  
ПОЛІІМІДУ YS-20  
**O.I. Burya, O.O. Naberezhnaya, S.V. Kalinichenko, O.A. Terentieva**  
INFLUENCE OF FORMING MODE ON STRENGTH PROPERTIES OF  
THE POLYIMIDE YS-20
5. **О.І. Буря, К.А. Єр'оміна, Д.А. Терентієв, Ю.В. Чуйкова** 21  
ВПЛИВ НАНОКРИСТАЛІЧНОГО СПЛАВУ FINEMET НА ФІЗИКО-  
МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ МЕТАЛОПОЛІМЕРІВ НА ОСНОВІ  
ФЕНІЛОНУ  
**A.I. Burya, K.A. Yeriomina, D.A. Terentyev, Yu.V. Chuikova**  
THE EFFECT OF NANOKRISTALIC ALLOYS FINEMET ON THE  
PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF PHENYLONE-BASED  
METAL-CONTAINING POLYMERES
6. **О.І. Буря, І.В. Рула, А.П. Жукова, І.Е. Пашковський, В.І. Дубкова** 23  
ВОДНЕВЕ ЗНОШУВАННЯ І БОРОТЬБА З НИМ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ  
МЕТАЛОПОЛІМЕРНИХ ПАР ТЕРТЯ  
**A.I. Burya, I.V. Rula, A.P. Zhukova, I.E. Pachkovski, V.I. Dubkova**  
HYDROGEN WEAR AND FIGHT AGAINST HIM DURING  
EXPLOITATION OF METALLOPOLYMERIC PAIRS OF FRICTION
7. **О.П. Ваврик, І.В. Василик, І.М. Підгурський** 25  
ОЦІНКА НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМІВНОГО СТАНУ БАЛКИ З  
ГОФРОВАНОЮ СТІНКОЮ, ЩО ОСЛАБЛЕНА ОТВОРАМИ  
**O.P. Vavryk, I.V. Vasylyk, I.M. Pidgurskyi**  
ASSESSMENT OF STRESS-STRAIN STATE OF SIN BEAM WEAKENED  
BY HOLES
8. **Р.Т. Гоголь, П.П. Чуба, Р.М. Федорович** 26  
ЕФЕКТИВНІСТЬ ПІДСИЛЕННЯ ЗГІНАЛЬНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ  
ЕЛЕМЕНТІВ КОМПОЗИТНИМИ МАТЕРІАЛАМИ  
**R.T. Hohol, P.P. Chuba, R.M. Fedorovich**  
EFFECTIVENESS OF REINFORCEMENT OF CONCRETE ELEMENTS OF  
COMPOSITE MATERIALS
9. **Н.М. Гулієва** 28  
ПОРИСТІ САПОНІТ – ТИТАНОВІ ФІЛЬТРУВАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ  
**N.M. Huliieva**  
POROUS SAPONITE – TITANIUM FILTERS MATERIALS
10. **С. Джердж, М.Я. Сташків** 30  
АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО – ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ РАМИ  
БУРЯКОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА КС-6Б-10 «ТЕРНОПІЛЬ»  
ЗА ДОПОМОГОЮ ПК «ЛІРА»

- S. Dzherdzh, M.Y. Stashkiv**  
ANALYSIS OF STRESS-STRAIN STATE OF THE FRAME OF BEET HARVESTER KS-6B-10 "TERNOPIL" IN THE SOFTWARE "LIRA" 32
11. **М.Б. Дранівська**  
ВПЛИВ ТЕРМІЧНИХ ЦИКЛІВ ЗВАРЮВАННЯ НА МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА СТРУКТУРУ МЕТАЛУ ЗТВ ВИСОКОМІЦНИХ СТАЛЕЙ 32  
**M.B Dranivska**  
THE INFLUENCE OF THE THERMAL CYCLES OF WELDING ON MECHANICAL PROPERTIES AND METAL STRUCTURE OF THE THERMAL IMPACT ZONE OF HIGH-STRENGTH STEELS 34
12. **Я.Л. Косар**  
МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНО – ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ СТІЛЧАТОЇ ЛАПИ 34  
**J.L. Kosar**  
MODELLING OF STRESS-STRAIN STATE OF THE PAW - ARROW 35
13. **І. Прінь, М.Я. Сташків**  
АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО – ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ЦЕНТРАЛЬНОЇ БАЛКИ РАМИ КОРЕНЕЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ КС-6Б 35  
**I. Prin, M.Y. Stashkiv**  
ANALYSIS OF STRESS-STRAIN STATE OF THE BEAM OF FRAM OF BEET HARVESTER KS-6B 36
14. **Ч.В.Пулька, М.Б.Дранівська, В.В.Соловій, М.В.Гетманчук**  
КЕРУВАННЯ ПЕРЕНОСОМ МЕТАЛУ В АКТИВНИХ ЗАХИСНИХ СЕРЕДОВИЩАХ 36  
**Ch.V. Pulka, M.B. Dranivska, V.V.Solovyy, M.V.Getmanchuk**  
HANDLING OF METAL TRANSFER IN ACTIVE SAFETY ENVIRONMENTS 37
15. **Ч.В. Пулька, М.В. Шарик, М.А. Семенчук, М.Й. Пагутяк**  
КЕРУВАННЯ ПЕРЕНОСОМ ЕЛЕКТРОДНОГО МЕТАЛУ ПРИ ДУГОВОМУ ЗВАРЮВАННІ 37  
**Ch.V.Pulka, M.V. Sharyk, M.A.Semenchuk, M.Y. Pagutiak**  
HANDLING OF ELECTRODE METAL DURING ARC WELDING 38
16. **Ч.В. Пулька, В.С. Сенчишин, В.Я. Гаврилюк, С.І. Книшук**  
ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ В ЗОНІ НАПЛАВЛЕННЯ ТОНКИХ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ ІНДУКЦІЙНОГО НАГРІВАННЯ 38  
**Ch.V.Pulka, V.S. Senchishin, V.Ya. Gavrilyuk, S.I. Knishuk**  
TAKING TEMPERATURE IN THE AREA OF WELDING OF THE STRUCTURE THIN COMPONENTS USING INDUCTION HEATING 39
17. **В.М. Солодкий, Л.А. Петровський, І.М. Підгурський**  
МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМІВНОГО СТАНУ БАЛОК З ГОФРОВАНОЮ СТІНКОЮ 39  
**V.M. Solodkyi, P.L. Petrovskyi, I.M. Pidgurskyi**  
MODELLING OF STRESS-STRAIN STATE OF SIN BEAM 40
18. **О.П. Ясній, І.С. Дідич**  
ОЦІНКА ДОВГОВІЧНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ БАГАТОШАРОВИМ ПЕРСЕПТРОНОМ 40

- O.P. Yasniy, I.S. Didych**  
EVALUATION OF STRUCTURAL ELEMENTS DURABILITY BY  
MULTILAYER PERCEPTRON
19. **О.Г. Чернета, Р.О. Рябозад, В.С. Шинкар** 42  
АНАЛІЗ МІКРОСТРУКТУРИ ИЗНОСОСТОЙКИХ СЛОЕВ СТАЛИ 40Х  
В ЗАВИСИМОСТІ ОТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ  
**O.G. Cherneta, R.O. Ryabozud, V.S. Sheenkar**  
THE ANALYSIS OF MICROSTRUCTURES WEAR LAYERS FROM THE  
STEEL 40X, DEPENDING OF TECHNOLOGICAL METHODS OF  
TREATMENT
20. **Б.П.Середа, І.В. Кругляк, О.В. Кочнева, А.А. Коровкин** 44  
ОТРИМАННЯ ЗНОСОСТІЙКИХ СИЛІЦІЙОВАНИХ ПОКРИТТІВ ДЛЯ  
ДЕТАЛЕЙ АВТОТРАНСПОРТНОЇ ТЕХНІКИ  
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ  
**B.P. Sereda, I.V. Kruglyak, O.V. Kochneva, A.A. Korovkin**  
RECOMMENDED USE OF SENSITIVE SILICATED COATINGS FOR  
PARTS OF MOTOR VEHICLE EQUIPMENT FOR AGRICULTURAL  
APPLICATION
- Секція: СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ В БУДІВНИЦТВІ, МАШИНО- ТА  
ПРИЛАДОБУДУВАННІ**
1. **Л.М. Данильченко, І.М. Кучвара, Абдулазіз Бабатунде Азіз** 46  
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОГИНУ ОДНОЛЕЗВІЙНОГО РІЗАЛЬНОГО  
ІНСТРУМЕНТУ  
**L.M. Danylchenko, I.M. Kuchvara Ph.D., Abdulazeez Babatunde Azeez**  
RESEARCHES ON SINGLE POINT CUTTING TOOL DEFLECTION
2. **О.В. Наркєва, А.О. Alkelani, В. Balakumar Vijiylishme** 47  
REVIEW OF ENERGY-EFFICIENT PRECAST FRAME STRUCTURES  
FOR RESIDENTIAL BUILDINGS
3. **Л.І. Стороженко, Г.М. Гасій.** 49  
ПРОСТОРОВІ СТРУКТУРНО-ВАНТОВІ КОМБІНОВАНІ  
КОНСТРУКЦІЇ ДЛЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ БУДІВЕЛЬ  
**L.I. Storozhenko, G.M. Gasii.**  
COMBINED CABLE SPACE FRAMES FOR AGRICULTURAL  
BUILDINGS
4. **І.О. Андрієвський** 51  
ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ СТАТИЧНОГО  
НАВАНТАЖЕННЯ ФРЕЗ  
**I.O. Andrievsky**  
IMITATION MODELING OF THE STATIC PROCESS LOADING MILLING  
CUTTERS
5. **Є.М. Бєбич доктор, С.В. Філіпчук** 52  
ДОСЛІДЖЕННЯ ЗЧЕПЛЕННЯ АРМАТУРИ З ВИСОКОМІЦНИМ  
БЕТОНОМ  
**Y.M. Babych, S.V. Filipchuk**  
THE RESEARCH OF ARMATURE ADHESION WITH HIGH-STRENGTH  
CONCRETE
6. **А.В. Бєбій, Т.А. Ковтун** 54  
ОБІРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ  
ДОЗАТОРА РОБОЧОЇ РІДИНИ ПРОТРУЮВАЧА НАСІННЯ

- A.V. Babiy, T.A. Kovtun**  
REASONING OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF WORK LIQUID  
PROPORTIONER OF SEEDS PROTECTOR
7. **А.В. Бабій, І.В. Хаєцький** 56  
ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ  
УСТАНОВКИ СУШАРКИ ДРАЖОВАНОГО НАСІННЯ
- A.V. Babiy, I.V. Khaietskyi**  
CALCULATION SPECIALTY OF VENTILATION  
INSTALLATION OF COATED SEEDS DRYER
8. **І.В. Борис** 58  
ВИЗНАЧЕННЯ ЗСУВУ МІЖ ПЛИТОЮ-ПОЛИЧКОЮ І  
ДВОТАВРОВОЮ БАЛКОЮ У ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЯХ
- I.V. Borys**  
ESTIMATION OF SHIFT BETWEEN SLAB AND I-BEAM IN RC  
STRUCTURES
9. **О.В. Бурячинський, І.М. Качмар, Т.І. Рибак** 59  
ГИЧКОВИДАЛЯЮЧИЙ ТА КОРЕНЕВИКОПУЮЧИЙ МЕХАНІЗМИ  
ДЛЯ ЗБИРАННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ
- O.V. Buriachynskyi, I.M. Kachmar, T.I. Rybak**  
MECHANISMS FOR THE FOLIAGE AND SUGAR BEET HARVESTER
10. **Є.А. Васильєв, А.В. Васильєв, С.В. Попов** 61  
ЗМЕНШЕННЯ ЕНЕРГОВИТРАТ ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ  
БУДІВЕЛЬНИХ РОЗЧИНІВ РОЗЧИНОНАСОСАМИ З МЕХАНІЧНИМ  
ПРИВОДОМ
- Ie.A.Vasyliiev, A.V.Vasyliiev, S.V.Popov**  
REDUCTION OF ENERGY CONSUMPTION WHEN TRANSPORTING  
MORTAR MIXES THROUGH POWER-DRIVEN MORTAR PUMPS
11. **В.В. Верес** 62  
ВИБІР ШИН ДЛЯ ВЕДУЧИХ КОЛІС БУРЯКОЗБИРАЛЬНОГО  
КОМБАЙНА
- V.V. Veres**  
TIRES SELECTION FOR THE DRIVING WHEELS OF THE BEET  
HARVESTER
12. **В.Н. Волошин, Т.Ю. Гинда** 64  
СИЛОВИЙ АНАЛІЗ ЦАНГОВИХ РОЗТИСКНИХ ОПРАВОК ДЛЯ  
ТОКАРНОЇ ОБРОБКИ
- V.N. Voloshyn, T.Yu. Gynda**  
POWER ANALYSIS OF EXPANDING COLLET MANDREL FOR  
TURNING
13. **А.В.Гагалюк, Г.С.Якимець** 65  
ПОРІВНЯННЯ ПРОЦЕСУ ВИКОНАННЯ ОПЕРАЦІЇ  
«ВИДАВЛЮВАННЯ» В AUTODESK INVENTOR ТА КОМПАС 3D
- A.V.Gagaliuk, G.S.Yakymets**  
COMPARISON OF THE REALIZATION PROCESS OF THE OPERATION  
"EXTRUDE" IN AUTODESK INVENTOR AND COMPAS 3D
14. **В.С. Гандзій** 67  
ДОСЛІДЖЕННЯ СИЛИ РІЗАННЯ ПРИ ПРОТОЧУВАННІ  
НАПІВКРУГЛОЇ КАНАВКИ

- V.S. Gandzii**  
THE CUTTING FORCE RESEARCH OF SEMICIRCULAR GROOVE  
TURNING
15. **Ів.Б. Гевко, О.А. Круглик** 68  
ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ КОНСТРУКЦІЙ ГВИНТОВИХ СПІРАЛЕЙ  
**Iv.B. Nevko, A.A. Kruglik**  
TECHNOLOGY OF STRUCTURES OF GVINTOVY SPIRALES
16. **Ів.Б. Гевко, В.А. Брикса** 69  
ДОЦІЛЬНІСТЬ ЗАЛУЧЕННЯ ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ТЕХНІЧНИХ  
ЗАКЛАДІВ ДО РОЗРОБЛЕННЯ НОВОЇ ПРОДУКЦІЇ У  
МАШИНОБУДУВАННІ  
**Iv.B. Nevko, V.V. Brix**  
INVOLVEMENT OF HIGHER EDUCATION TECHNICAL  
ESTABLISHMENTS INTO DEVELOPING NEW PRODUCTS IN  
MECHANICAL ENGINEERING
17. **І.В. Геліч, Н.В. Безугла** 70  
ОСОБЛИВОСТІ АБЕРАЦІЙНОГО АНАЛІЗУ ДЗЕРКАЛЬНОГО  
ЕЛІПСОЇДА ОБЕРТАННЯ З ВНУТРІШНЬОЮ ВІДБИВАЮЧОЮ  
ПОВЕРХНЕЮ  
**I.V. Helich, N.V Bezuglaya**  
FEATURES OF ABERRATIONAL ANALYSIS OF MIRROR ELLIPSOID  
OF REVOLUTION WITH INTERNAL REFLECTION SURFACE
18. **С.С. Гомон** 72  
ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ МОДИФІКОВАНОЇ ДЕРЕВИНИ В  
УКРАЇНІ ДЛЯ ОБ'ЄКТІВ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА  
**S.S.Gomon**  
PERSPECTIVES OF THE USE OF MODIFIED WOOD IN UKRAINE FOR  
OBJECTS OF AGRICULTURAL AGRICULTURE
19. **Д.В. Горбань** 73  
БІОМЕТРИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ПРОЕКТУВАННЯ ФОТОМЕТРІВ З  
ЕЛІПСОЇДАЛЬНИМИ РЕФЛЕКТОРАМИ  
**D.V. Horban**  
BIOMETRIC PREREQUISITES FOR THE DESIGN OF PHOTOMETERS  
WITH ELLIPSOIDAL REFLECTORS
20. **Д. С. Гриценко** 75  
СИНТЕЗ ПАРАМЕТРІВ ПРУЖНОЇ ЛАНКИ КУЛАЧКОВОГО  
МЕХАНІЗМУ ПРИВОДУ ТРАНСПОРТУВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ  
ТАМПОДРУКАРСЬКОЇ МАШИНИ  
**D. S. Hrytsenko**  
SYNTHESIS OF PARAMETERS OF THE ELASTIC UNIT OF THE CAM  
MECHANISM OF THE DRIVE OF THE TRANSPORTING DEVICE OF A  
PAD PRINTING MACHINE
21. **С.А. Гудзь, А.В. Гасенко** 77  
ЗБЕРЕЖЕННЯ СТІЙКОСТІ СТАЛЕВИХ БАЛОК ПОКРИТТЯ ЗА  
РАХУНОК ЖОРСТКОСТІ ПРИЄДНАНИХ КОНСТРУКЦІЙ  
**S.A. Goods, A.V. Gasenko.**  
STABILITY SAVING OF STEEL ROOF BEAMS BY STIFFNESS OF  
CONNECTED CONSTRUCTIONS

22. **Л.М. Данильченко, В.В. Бобрик; Нваоїбо Донатус Джуніор** 79  
ОПТИМІЗАЦІЯ ГЕОМЕТРІЇ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ  
ТИТАНОВИХ СПЛАВІВ  
**L.M. Danylchenko, V.V. Bobryk, Nwaoyibo Donatus Jnr**  
OPTIMIZATION CUTTING TOOL GEOMETRY FOR TITANIUM ALLOYS
23. **Л.М. Данильченко, О.Є. Шушкевич** 80  
ОБҐРУНТУВАННЯ ПЕРЕВАГ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ  
ВИСОКОШВИДКІСНОЇ ОБРОБКИ  
**L.M. Danylchenko; O.E. Shushkevich**  
JUSTIFICATION OF THE BENEFITS OF THE USING OF METHODS OF  
HIGH-SPEED MACHINING
24. **Л.М. Данильченко, М.М. Питель** 82  
ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕНДЕНЦІЙ РОЗВИТКУ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
МАШИНОБУДУВАННЯ  
**L.M. Danylchenko, M.M. Pytel'**  
RESEARCH OF TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF MODERN  
TECHNOLOGY ENGINEERING
25. **Л.М. Данильченко; В.М. Сарафін** 84  
ДОСЛІДЖЕННЯ АДАПТИВНИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО  
КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ РІЗАННЯ  
**L.M. Danylchenko, V.M. Sarafin**  
RESEARCH OF ADAPTIVE SYSTEMS OF AUTOMATIC CONTROL OF  
THE CUTTING PROCESS
26. **К. Ю. Дейнека** 86  
АМПЛІТУДА АВТОКОЛИВАНЬ ЗЕРНИСТОГО  
ВНУТРІШНЬОКАМЕРНОГО ЗАПОВНЕННЯ МАШИНИ  
БАРАБАННОГО ТИПУ  
**K. Yu. Deineka**  
THE DRUM TYPE MACHINE INTRACHAMBER GRANULAR FILL  
SELF-OSCILLATION AMPLITUDE
27. **Т.М. Демків, Р.А. Склярів** 88  
АНАЛІЗ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКІВ КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ  
МЕТАЛОРІЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ  
**T.M. Demkiv, R.A. Sklyarov**  
METHODS FOR CALCULATION A PRISMATIC PART OF MACHINE  
TOOLS ANALISES
28. **М.С. Джуган** 90  
ВПЛИВ КИСНЕВМІСНИХ ДОБАВОК НА ЕФЕКТИВНІСТЬ  
ЗМАЩУВАЛЬНО-ОХОЛОДЖУВАЛЬНИХ РІДИН  
**M.S. Dzhuhan**  
INFLUENCE OF OXYGENEOUS MAKEWEIGHT ON THE  
EFFICIENCY OF LUBRICATING FLUID
29. **А.М.Б. Дзюбак, Л.Г. Бодрова** 91  
НОВІ ВИДИ СУЧАСНИХ БЕТОНІВ  
**A.M.B.Dzyubak, L.H. Bodrova**  
NEW TYPES OF MODERN CONCRETES
30. **О.В. Дивдик** 92  
МОДЕЛЮВАННЯ ВИГИНУ СПЛАВІВ ІЗ ПАМ'ЯТТЮ ФОРМИ  
**O.V. Dyvdyk**  
SIMULATION BENDING SHAPE MEMORY ALLOYS

31. **Я.П. Драган, В.В. Никитюк** 94  
МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЕЛЕКТРИЧНОГО ЗОНД-СИГНАЛУ ДЛЯ  
ВИЗНАЧЕННЯ СТАНУ РЕСТАВРАЦІЙНОГО СТОМАТОЛОГІЧНОГО  
ПРОЦЕСУ ЯК ЕНЕРГОАКТИВНОГО ОБ'ЄКТА  
**Y. P. Dragan, V. V. Nykytyuk**  
MATHEMATICAL MODEL OF ELECTRIC ZOND-SIGNAL FOR  
DETERMINATION OF THE STATE OF THE RESISTANT DENTAL  
PROCESS AS A ENERGY ACTIVE OBJECT
32. **О.М. Дячок** 96  
АРХІТЕКТУРА ЕНЕРГЕТИЧНО-САМОДОСТАТНІХ БУДІВЕЛ  
**O.M.Dyachok**  
ARCHITECTURE OF THE ENERGY-SELF-SUFFICIENT BUILDINGS
33. **М.М. Желізняк, М.В. Бурак** 98  
ДО ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ЕЛЕКТРОННОГО  
ГОДИННИКА  
**M.M. Zhelizniak, M.V. Burak**  
TO THE ELECTRONIC CLOCK PERFORMANCE IMPROVEMENT
34. **Т.П.Заблоцький, Д.Б.Боднар, М.В.Железняков, І.М.Зелінський** 99  
ФОТОРЕЄСТРАЦІЯ ОПТИЧНИХ МАРОК РЕФЛЕКТОРА  
**T.P. Zablotsky, D.B. Bodnar, M.V. Zheleznyakov, I.M. Zelinsky**  
PHOTOREGISTRATION OF OPTICAL MARKS OF THE REFLECTOR
35. **В.Р. Карплюк, О.В. Макаrchу** 100  
ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ВІБРОСНАРЯДУ  
ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ЩІЛИН В ҐРУНТІ  
**W.R. Karplyuk, O.V. Makarchuk**  
SUBSTANTIATION RATIONAL PARAMETERS OF A VIBRATION  
SHELL FOR CRACK FORMATION IN SOIL
36. **Ю.Б. Коваль, В.П. Олексюк** 102  
ПОШУК ОПТИМАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРИВОДУ ФРЕЗЕРНИХ  
КУЛЬТИВАТОРІВ  
**Yu.B. Koval, V.P. Oleksyuk**  
SEARCH OF OPTIMAL CONSTRUCTIONS OF THE DRIVE OF MILLING  
CULTIVATORS
37. **А.В. Бабій, Т.А. Ковтун** 103  
ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ДОЗАТОРА  
РОБОЧОЇ РІДИНИ ПРОТРУЮВАЧА НАСІННЯ  
**A.V. Babiy, T.A. Kovtun**  
REASONING OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF WORK LIQUID  
PROPORTIONER OF SEEDS PROTECTOR
38. **А.Г. Козловський** 105  
ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ СФЕРОЇДНИХ РЕФЛЕКТОРІВ  
ФОТОМЕТРІВ  
**A.G. Kozlovskyi**  
TECHNOLOGY OF MANUFACTURING OF SFEROID REFLECTORS OF  
PHOTOMETERS
39. **Ю.В. Коломієць, М.Н. Джалалов** 107  
ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ТЕХНІКО-  
ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ УЛАШТУВАННЯ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ  
ЗОВНІШНІХ СТІН БУДІВЕЛ

- IU. V. Kolomiets, M. N. Dzhalalov**  
INVESTIGATION OF THE FACTORS AFFECTING THE TECHNICAL AND ECONOMIC INDICATORS OF THE DEVICE FOR THE THERMAL INSULATION OF THE EXTERNAL WALLS OF BUILDINGS
40. **С.І. Коноваленко, В.П. Притулка** 108  
ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ БУНКЕРА-НАКОПИЧУВАЧА ПРОТРУЮВАЧА  
**S.I. Konovalenko, V.P. Prytulka**  
RESEARCH OF STORAGE HOPPER STRAINED STATUS OF SEEDS PROTECTOR
41. **О.П. Конончук, А.С. Пелехатий, Т.В. Осадчук, О.О. Стадник** 110  
ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ЗГИНАЛЬНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ДО ПІДСИЛЕННЯ ПРИ ДІЇ ОДНОРАЗОВОГО ТА МАЛОЦИКЛОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ  
**A.P. Kononchuk, A.S. Pelechatty, T.V. Osadchuk, A.A. Stadnyk**  
INVESTIGATION OF THE WORK OF CUTTING STEEL CONCRETE ELEMENTS TO SUSPENDING THE EFFECT OF ONE-RADE AND SMALL CYCLE LOAD
42. **І.Б. Коцюк, Н.В. Наливайко, Н.І. Хомик канд.** 112  
ЗБИРАННЯ ГИЧКИ ТА КОРЕНЕПЛОДІВ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ТРАКТОРА ІНТЕГРАЛЬНОЇ СХЕМИ  
**I.B. Kotsiuk, N.V. Nalyvaiko, N.I. Khomyk**  
FOLIAGE AND GATHERING ROOTS OF SUGAR BEETS WITH THE USE OF TRACTOR INTEGRATED SCHEMES
43. **Р.В. Коцюрко, І.Д. Лучейко** 114  
ТЕПЛООБМІННИК ТИПУ “ЗМІШУВАННЯ – ЗМІШУВАННЯ” ЯК ПЕРЕТВОРЮВАЧ СИГНАЛУ ТЕМПЕРАТУРИ  
**R.V. Kotsurko, I.D. Lucheyko Ph.D.**  
“MIXING-MIXING” HEAT EXCHANGER AS TEMPERATURE SIGNAL TRANSDUCER
44. **П.Д. Кривий, В.В. Крупа, Г. Ю Михалчич** 115  
ОБґРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА ГОРИЗОНТАЛЬНО-ФРЕЗЕРНОГО ВЕРСТАТУ З ІНТЕГРОВАНИМ ПРИВОДОМ ГОЛОВНОГО РУХУ  
**P.D. Kryvyyi, V.V. Krupa, H.Y. Mychaltchytch**  
SUBSTANTIATION OF PARAMETERS OF THE SPINDLE UNIT HORIZONTAL MILLING MACHINE TOOL WITH INTEGRATED DRIVE HEAD MOVEMENT
45. **В.А. Гриневич, М.Р. Коневич** 116  
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РОЗТОЧУВАННЯ ГВИНТОВИХ НЕЖОРСТКИХ ЗАГОТОВОК  
**V.A. Grunevuch, M.R. Konevych**  
INVESTIGATION OF THE PROCESS OF CLEANING NEEDLES
46. **М.І. Загаєвський, В.З. Гудь** 118  
РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ  
**M.I. Zagaevsky, V.Z. Hud**  
RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDIES



47. **П.Д. Кривий, В.Р. Кобельник; Н.М. Тимошенко, Т.В. В'юк** 120  
ІМОВІРНІСНО-СТАТИСТИЧНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ТОЧНОСТІ  
КІНЕМАТИЧНИХ ЛАНЦЮГІВ ПОДАЧ ВЕРТИКАЛЬНО-  
СВЕРДЛИЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ  
**P.D. Kryvyy, V.R. Kobelnyk, N.M. Tymoshenko, T.V. Viuk**  
PROBABILITY AND STATISTICAL METHOD FOR DETERMINING THE  
ACCURACY FOR KINEMATIC SCHEME OF GEAR OF FEED OF  
VERTICAL DRILL MACHINES
48. **В.В. Крупа, Т.А. Бега** 122  
ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО МЕХАНІЗМУ ЗАТИСКУ  
ІНСТРУМЕНТУ ВЕРТИКАЛЬНО-ФРЕЗЕРНОГО ВЕРСТАТА  
**V.V. Krupa, T.A. Beha**  
THE RESEARCH OF ELECTROMECHANICAL CLAMPING TOOL  
MECHANISM OF VERTICAL MILLING MACHINE TOOLS
49. **Ю.І. Пиндус, О.П. Конончук, А.Б. Ковбасник, І.В. Кузик, А.І. Красовський** 123  
ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ПРОГРАМНИХ КОМПЛЕКСІВ ПРИ  
ВИВЧЕННІ РОБОТИ ПІДСИЛЕНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ  
КОНСТРУКЦІЙ  
**Y.I. Pyndus, A.P. Kononchuk, A.B. Kovbasnyk, I.V. Kuzyk, A.I. Krasovkii**  
APPLICATION OF COMPUTER AIDED DESIGN COMPLEXES FOR THE  
STUDY OF RC STRUCTURES
50. **Д.Б. Кузик, В.В. Петрук, О.О. Щіпський, І.М. Зелінський** 125  
ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ЦЕНТРА ВАГИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ  
КООРДИНАТ ОПТИЧНИХ МАРОК  
**D.B. Kuzik, V.V. Petruk, O.O. Shchipsky, I.M. Zelinsky**  
METHOD FOR DETERMINATION COORDINATES OF THE  
OPTICAL MARKS
51. **В.А. Кукурудза, В.Г. Бучинський, В.П. Олексюк** 126  
ПЕРСПЕКТИВНІ КОНСТРУКЦІЇ ОЧИСНИХ ВАЛЬЦІВ МАШИН ДЛЯ  
ЗБИРАННЯ КУКУРУДЗИ  
**V.A. Kukurudza, V.G. Buchyn's'kyu, V.P. Oleksyuk**  
PROMISING DESIGNS OF CLEANING ROLLERS FOR CORN  
HARVESTING MACHINES
52. **О. І. Купрій** 127  
КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ БІОМЕДИЧНИХ ФОТОМЕТРІВ  
ДЛЯ НЕІНВАЗИВНОГО КОНТРОЛЮ ГЛЮКОЗИ  
**O.I. Kuprii**  
CONSTRUCTIVE FEATURES OF BIOMEDICAL PHOTOMETERS FOR  
NON-INVASIVE GLUCOSE CONTROL
53. **Р.О. Куцин** 129  
МІЦНІСТЬ СТАЛЕБЕТОННИХ БАЛОК,  
АРМОВАНИХ РОБОЧОЮ ПОЗДОВЖНЬОЮ АРМАТУРОЮ  
**R.O. Kutsyn**  
DURABILITY OF STEEL CONCRETE SURFACES OF WORKED  
LONGITUDE ARMATURE
54. **М.Б. Клендій, В.А. Куждеба** 130  
ГВИНТОВІ РОБОЧІ ОРГАНИ ГРУНТООБРОБНИХ ЗНАРЯДЬ  
**M.B. Klendii, V.A. Kughdeba**  
SINGLE WORKING ORGANS OF GROUNDWATER EQUIPMENT

55. **М.І. Клендій** 132  
ВЗАЄМОДІЯ ГОЛОК ГОЛЧАТОЇ БОРОНИ ПРИ РОБОТІ У ҐРУНТІ  
**M.I. Klendii**  
INTERACTION OF THE MOLCHATE BOLOON MALE AT WORK IN  
THE SOIL
56. **А.П. Левицький, В.П. Олексюк** 134  
ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ КОНСТРУЮВАННЯ АКТИВНИХ  
СЕПАРУЮЧИХ ОРГАНІВ КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНИХ МАШИН  
**A.P. Levyts'kyu, V.P. Oleksyuk**  
PERSPECTIVE DIRECTIONS OF CONSTRUCTION OF ACTIVE  
SEPARATING BODIES OF POTATO HARVESTING MACHINES
57. **І.В. Луців, І.Д. Дубецький, О.О. Цюра** 135  
ВИКОРИСТАННЯ САМОНАЛАГОДЖУВАЛЬНОГО ВАРІАТОРА У  
КЕРУВАННІ ПРОЦЕСОМ ТОКАРНОЇ ОБРОБКИ З АДАПТАЦІЄЮ  
**I.V. Lutsiv, I.D. Dubetskiy, O.O. Tsiura**  
USING OF SELF ADJUSTING VARIATOR IN THE CONTROL OF THE  
TURNING MACHINING PROCESS WITH ADAPTATION
58. **І.І. Лучейко, Т.М. Вітенько** 136  
РОЗРОБКА ЗМІШУВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ ЗІ СПІРАЛЬНИМИ  
ЛОПАТЯМИ МІШАЛКИ  
**I.I. Lucheyko, T.M. Vitenko**  
DESIGN OF MIXING DEVICES WITH SPIRAL BLADES OF STIRRER
59. **Н.Р. Ляховський** 137  
ДОСЛІДЖЕННЯ ШОРСТКОСТІ ТОРЦЕВОЇ ПОВЕРХНІ КІЛЬЦЯ ПІСЛЯ  
ПЛОСКОГО ШЛІФУВАННЯ  
**N.R. Liahovskyi**  
THE RING END FACE ROUGHNESS RESEARCH AFTER FLAT  
GRINDING
60. **У.Д. Марущак, Ю.В. Олевич** 138  
МОДИФІКОВАНІ БЕТОНИ ДЛЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ ЗБИРНОГО ЗАЛІЗОБЕТОНУ  
**U. Marushchak; Yu. Olevych**  
MODIFIED CONCRETES FOR ENERGY ENERGY-EFFICIENT  
TECHNOLOGIES OF PRECAST REINFORCED CONCRETE
61. **Н.В. Мелюзина** 139  
ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ І ДЕФОРМАТИВНОСТІ АРМОВАНИХ  
КОМПОЗИТНОЮ АРМАТУРОЮ ДЕРЕВ'ЯНИХ ЕЛЕМЕНТІВ  
**N.V. Meliuzyna**  
STUDY OF STRENGTH AND DEFORMATION OF COMPOSITE-  
REINFORCED WOODEN STRUCTURES
62. **А.А. Недошитко, А.Г. Недошитко** 141  
МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ОРІЄНТАЦІЇ РУХОМОГО ОБ'ЄКТУ В  
СИСТЕМАХ INDOOR НАВІГАЦІЇ  
**A.A. Nedoshytko, A.G. Nedoshytko**  
METHOD FOR DETERMINING ORIENTATION OF A MOVEABLE  
OBJECT IN INDOOR POSITIONING SYSTEM
63. **В.М. Обід, А.П. Сорочак** 142  
РЕКОНСТРУКЦІЯ ШКОЛИ З НАДБУДОВИ 2-ПОВЕРХІВ З  
ДОСЛІДЖЕННЯМ СПОСОБІВ ПІДСИЛЕННЯ ФУНДАМЕНТІВ  
**V.M. Obyd, A.P. Sorochak**  
RECONSTRUCTION OF A SCHOOL WITH ADDING UP 2 STORES AND  
INVESTIGATION OF BASE STRENGTHENING METHODS

64. **М. В. Олійник, С. М. Сімора** 143  
ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ОБРОБКИ ВАЖКООБРОБЛЮВАНИХ  
МАТЕРІАЛІВ  
**M. V. Oliynuk, S. M. Simora**  
RESEARCH OF METHODS OF TREATMENT OF HARD-PROCESSING  
MATERIALS
65. **І.В. Олійник, К.Л.Сандуляк** 144  
ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЕДІНКИ МЕТАЛЕВИХ ФЕРМ ПРИ  
СТАТИЧНОМУ НАВАНТАЖЕННІ  
**I.V. Oliinyk, K.L.Sanduliak**  
STUDY OF THE BEHAVIOUR OF STEEL TRUSSES UNDER STATIC  
LOAD
66. **Б.М. Осипенко** 145  
ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ РОЗТОЧУВАННЯ КАНАВОК  
**В.М. Осуpenko**  
THE GROOVES BORING DYNAMICS RESEARCH
67. **Т.Р. Павлюк** 146  
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ТОРЦЕВИХ ФРЕЗ  
**T. Pavlyuk**  
INCREASE THE EFFICIENCY OF WORKING OF MILLING CUTTERS
68. **М. І. Паламар, С. В. Машталяр, С. Б. Шевчук, В.В. Кругльов** 147  
ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ  
ПАРАМЕТРІВ КЕРУВАННЯ АНТЕННОЮ СИСТЕМОЮ  
**M.I. Palamar, S.V. Mashtaliar, V.B. Shevchuk, V.V. Kruglov**  
THE NEURAL NETWORK APPLICATION FOR THE PARAMETERS  
OPTIMIZATION OF THE ANTENNA CONTROL SYSTEM
69. **П.Є. Пальцан, Н.І. Хомик** 148  
ПЕРЕВАГИ ЗАСТОСУВАННЯ КОМБІНОВАНОГО АГРЕГАТА НА БАЗІ  
КУЛЬТИВАТОРА КПСП-4  
**P.E. Paltsan, N.I. Khomyk,**  
BENEFITS OF APPLICATION OF COMBINED AGGREGATE  
ON THE BASE CULTIVATOR KPSP-4
70. **Ю.В. Пастернак, В.С. Пастернак** 150  
СВІТОВІ ТЕНДЕНЦІЇ І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ АНТЕН НА  
ОСНОВІ ПЛАТФОРМИ СТЮАРТА  
**Y.V. Pasternak, V.S. Pasternak**  
GLOBAL TRENDS AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF  
ANTENNAS BASED ON STEWART PLATFORM.
71. **О.Р. Позняк, І.О.Завадський** 151  
ГАЗОБЕТОН НЕАВТОКЛАВНОГО ТВЕРДНЕННЯ  
**O.R. Pozniak, I.O. Zavadskyu**  
NON-AUTOCLAVED AERATED CONCRETE
72. **С.З. Поліщук, В.М. Полторацька, М.О. Романенко, М.А. Ємець** 152  
СИСТЕМИ ЖИТТЄЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ЦИВІЛЬНОЇ  
ІНЖЕНЕРІЇ: ПОКАЗНИКИ ЇХ ЕКОЛОГІЧНОСТІ  
**S.Z. Polishchuk, V.M. Poltoratska, M.O. Romanenko, M.A. Yemets**  
LIFE SUPPORT SYSTEMS FOR CIVIL ENGINEERING OBJECTS:  
INDICATORS OF THEIR ENVIRONMENTAL FRIENDLINESS

73. **В.О. Попель** 154  
ТРИМКІСТЬ ЗВАРНИХ ТРУБЧАСТИХ ФЕРМ ПРИ ПОЖЕЖІ  
**V.O. Popel**  
RESISTANCE OF WELDED TUBULAR TRUSSES IN FIRE
74. **І.М. Постернак, С.О. Постернак** 155  
СУЧАСНА ЕНЕРГОРЕКОНСТРУКЦІЯ ІСТОРИЧНОЇ ЗАБУДОВИ  
ОДЕСИ  
**I.M. Posternak, S.A. Posternak**  
MODERN ENERGY RECONSTRUCTION HISTORICAL DEVELOPMENT  
OF ODESSA
75. **М.Р. Паньків, С. Семенчук** 157  
ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕСУ  
ТОЧІННЯ  
**M.R. Pankiv, S. Semenchuk**  
RESEARCH OF DYNAMIC DESCRIPTIONS OF SHARPENING
76. **Л.Р.Рогатинська, Т.С. Дубиняк, Ю.А. Заставний, П.О. Леськів** 158  
ВПЛИВ ЗАГОРІВ НА СИЛУ КОНТАКТНОЇ ВЗАЄМОДІЇ В ДЕТАЛЯХ  
ПРИВОДУ КОНВЕЄРІВ  
**L.R. Rogatynska.; T.S. Dubynyak; Yu A Zastavnyi; P.O. Les'kiv**  
INFLUENCE OF THE BACKLASH ON THE POWER OF CONTACT  
INTERACTION OF DETAIL OF DRIVE OF CONVEYOR
77. **Т.І. Рибак, А.С. Харов** 160  
МОДЕРНІЗАЦІЯ СТАЦІОНАРНОГО ПРОТРУЮВАЛЬНОГО  
КОМПЛЕКСУ  
**T.I. Rybak , A.S. Kharov**  
MODERNIZATION OF STATIONARY SEEDS PROTECTOR COMPLEX
78. **Д.В. Самборський, М.А. Сорока, А.Д. Довбуш** 161  
ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПОДРІБНЕННЯ КОРМІВ ЗА РАХУНОК  
ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ МОЛОТКОВОЇ ДРОБАРКИ  
**D.V. Samborskyi, M.A. Soroka, A.D. Dovbush**  
IMPROVING THE QUALITY OF GRINDING FOOD FOR  
ANIMALS BY IMPROVING THE DESIGN OF THE HAMMER MILL
79. **А.Б. Саміляк, М.О. Безуглий** 162  
МОДЕЛЮВАННЯ СВІТЛОРОЗСІЯННЯ ШКІРОЮ ЛЮДИНИ В  
ЗАДАЧАХ ОПТИМІЗАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ БІОМЕДИЧНОГО  
ФОТОМЕТРУ  
**A.B. Samilyak, M.A. Bezuglyi**  
MODELING OF LIGHT SCATTERING IN HUMAN SKIN FOR  
OPTIMIZATION OF BIOMEDICAL PHOTOMETER PARAMETERS
80. **В.В. Сироватко** 164  
РОЗРОБЛЕННЯ ТА ОБГРУНТУВАННЯ СХЕМИ  
ФОРМОУТВОРЕННЯ КОНІЧНИХ ГВИНТОВИХ ЗАГОТОВОК  
**V.V. Syrovatko**  
DEVELOPMENT AND SUBSTANTIATION SCHEMES FOR MAKING  
CONICAL SCREW BLANKS
81. **Р. Б. Сіправський** 166  
ОЗРОБКА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ІДЕНТИФІКАЦІЇ МІКРООБ'ЄКТІВ  
В ОПТОЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМАХ КОНТРОЛЮ  
**R.B. Sipravskyi**

- DEVELOPMENT OF TECHNICAL MEANS OF IDENTIFICATION OF MICROOBJECT IN OPTO-ELECTRONIC CONTROL SYSTEMS  
82. **I. M. Сов'як** 167  
МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ ГІДРОСТАТИЧНИХ ОПОР ШПИНДЕЛЬНИХ ВУЗЛІВ  
**I. M. Sovjak**  
METHODS OF RESEARCHES HYDROSTATICAL SUPPORTS SPINDLE NODE
83. **М. І. Паламар, М. О. Стрембіцький, В. О. Стрембіцький** 168  
КЕРУВАННЯ ШВИДКІСТЮ АВТОНОМНОЇ МОДЕЛІ ІЗ ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРО НЕЧІКТОЇ ЛОГІКИ  
**M.I. Palamar, M.O. Strembitskyi, V.O. Strembitskyi**  
CONTROL OF THE SPEEDITY OF AUTONOMOUS MODELS FROM THE USE OF THE NEURO NON-LIKE LOGIC
84. **<sup>1</sup>Л.С. Серілко, Д.Л. Серілко, О.Г. Івашко, П.Г. Івашко** 169  
ІНЕРЦІЙНО-ГВИНТОВИЙ КОНВЕЄР  
**L.S. Serilko, D.L. Serilko,, O.G. Ivashko, P.G. Ivashko**  
INERTIAL SCREW-TYPE CONVEYOR
85. **В. І. Терновий** 170  
ТЕХНОЛОГІЯ ВЛАШТУВАННЯ ПЕРЛІТОВОЇ ШТУКАТУРКИ  
**V. I. Ternoviy**  
TECHNOLOGY OF PERLITE PLASTER PLACEMENT
86. **Т.М. Ткаченко, В.О. Мілейковський** 171  
НАБЛИЖЕНА ОЦІНКА ЗМЕНШЕННЯ ВИКИДУ CO<sub>2</sub> ВІД ОХОЛОДЖУВАЛЬНОГО ЕФЕКТУ РОСЛИН ЗЕЛЕНИХ КОНСТРУКЦІЙ  
**T.M. Tkachenko, V.O. Mileykovskyi**  
APPROVED ASSESSMENT OF CO<sub>2</sub> WASHING FROM THE COOLING EFFECT OF PLANTS OF GREEN STRUCTURES
87. **А.М. Фіщай** 173  
ЗАГАЛЬНИЙ ОГЛЯД ДОСЛІДЖЕНЬ КОНСТРУКЦІЙ МЕТАЛЕВОГО КАРКАСУ  
**A.M. Fitsay**  
GENERAL OVERVIEW RESEARCH METAL FRAME DESIGNS
88. **С.А. Хведчук** 174  
ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ПРОЦЕСУ ШЛІФУВАННЯ  
**S.A. Hvedchuk**  
THE GRINDING PROCESS DYNAMICS RESEARCH
89. **М.І. Цепенюк, Д.Д. Верстюк** 175  
ЕКВІВАЛЕНТНА МЕХАНІЧНА СХЕМА МЕХАНІЗМУ СИНХРОННОГО ОБЕРТАННЯ ІЗ ЗРІВНОВАЖУВАЛЬНИМ ЕЛЕКТРИЧНИМ ВАЛОМ  
**M.I. Tsepenyuk, D.D. Verstyuk**  
EQUIVALENT MECHANICAL SCHEME OF THE SYNCHRONOUS ROTATION MECHANISM WITH BALANCING ELECTRIC SHAFT

90. **К. Б. Чавченко** 176  
КОНСТРУЮВАННЯ ЛАЗЕРНОГО ДОПЛЕРІВСЬКОГО  
ВИТРАТОМІРУ КРОВІ З ЕЛІПСОЇДАЛЬНИМ РЕФЛЕКТОРОМ  
**K. B. Chavchenko**  
DESIGN OF LASER DOPPLER BLOOD FLOW METER WITH  
ELLIPSOIDAL REFLECTOR
91. **В.В. Шанайда, А.С. Потічко** 178  
КОМП'ЮТЕРНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ  
ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕМЕНТІВ ПРИВОДУ ГОЛОВНОГО РУХУ  
РАДІАЛЬНО-СВЕРДЛИЛЬНОГО ВЕРСТАТА  
**V.V. Shanaida, A.S. Potichko**  
INVESTIGATION OF DYNAMIC CHARACTERISTICS OF THE  
ELEMENTS OF THE MAIN MOTION DRIVE OF THE RADIAL DRILLING  
MACHINE BY COMPUTER TECHNOLOGIES
92. **К.К. Щербина, І.С. Конкін** 179  
ДЕФОРМАЦІЯ ЗАМКНЕНИХ ВІТКІВ ПРУЖНО-ГВИНТОВОГО ХОНУ  
**K.K. Shcherbina, I.S. Konkin**  
DEFORMATION OF CLOSED COILS OF A SPIRAL SPRING HONE
93. **С.С. Щегельський** 181  
РОЗРАХУНОК ФУНДАМЕНТНОЇ ПЛИТИ СИЛОСІВ І ОСОБЛИВОСТІ  
ВИЗНАЧЕННЯ ОСІДАНЬ НА АРМОВАНІЙ СТОХАСТИЧНІЙ ОСНОВІ  
**S.S. Shchegelskyi**  
CALCULATION OF THE FOUNDATION PLATE OF SILOSS AND THE  
FEATURES OF YIELDING DETERMINATION ON THE REINFORCED  
STOCHASTIC BASIS
94. **В.І. Юськів, Т.А. Довбуш** 183  
РЕКОНСТРУКЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЛІНІЇ ВИРОБНИЦТВА  
ВЕРШКОВОГО МАСЛА  
**V.I. Yuskiv, T.A. Dovbush**  
RECONSTRUCTION OF THE TECHNOLOGICAL LINE  
FOR THE PRODUCTION OF CREAM BUTTER
95. **М. І. Яворська, Т. Заблоцький, В. Макух** 184  
ОЦІНКИ ВІДХИЛЕНЬ ПОВЕРХНІ ПАРАБОЛІЧНОЇ АНТЕНИ ВІД  
ЗАДАНОЇ ФОРМИ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ДИСТАНЦІЙНИХ  
ВИМІРЮВАНЬ  
**M. I. Yavorska, T. Zablocky, V. Makuch**  
ESTIMATIONS OF THE PARABOLIC ANTENNA SURFACE  
DEVIATIONS FROM A GIVEN SHAPE BY THE RESULTS OF REMOTE  
MEASUREMENTS
96. **І.С. Яким, А.Є. Дячун, І.С. Яким** 186  
КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ  
ПОРОДУРІЙНИВНОГО ОСНАЩЕННЯ ТРИШАРОШКОВИХ  
БУРОВИХ ДОЛІТ  
**R.S. Yakym, A.Ye. Diachun, I.S. Yakym**  
THE CONSTRUCTIVE AND TECHNOLOGICAL QUALITY PROVIDING  
OF THREE-CONE ROLLER BITS OF ROCK-DESTROYING EQUIPMENT
97. **В.В. Рябчун** 188  
ПІДБІР АРМАТУРИ ДЛЯ ПЛИТ ПЕРЕКРИТТЯ В 9-ТИ  
ПОВЕРХОВОМУ ЖИТЛОВОМУ БУДИНКУ  
**V.V. Riabchun**  
SELECTION OF REINFORCEMENT FOR STAIRS SLAB PANELS OF 9-  
STOREY APARTMENT BUILDING

98. **В.Б. Поточняк** 189  
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗАХИСНОГО ПОКРИТТЯ НА  
ВЛАСТИВОСТІ БЕТОНУ  
**V.V.Potochnyak**  
STUDY OF THE INFLUENCE OF PROTECTIVE COATINGS ON  
PROPERTIES OF CONCRETE
99. **Педро Сельсо Гамільтон да Кошта** 190  
ДОСЛІДЖЕННЯ ПОШКОДЖЕНЬ І ХАРАКТЕРИСТИК НЕСУЧИХ  
КОНСТРУКЦІЙ КОРПУСУ ТЕХНІЧНИХ СЛУЖБ АТ «ГАЛИЧФАРМ»  
**Celso Hamilton da Costa Pedro**  
STUDY OF DAMAGE AND CHARACTERISTICS OF THE TECHNICAL  
SERVICE CORPUS IN THE «GALIYTCHFARM»
100. **М. Паньків** 191  
ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПРОЦЕСУ ВІДОКРЕМЛЕННЯ ДОМІШОК  
ВІД КОРЕНЕПЛОДІВ  
**M. Pankiv**  
TECHNOLOGICAL ASPECTS OF THE PROCESS OF SEPARATION OF  
IMPURITIES FROM ROOT CROPS
101. **Ю.В. Грицай** 193  
КОМБІНОВАНИЙ ШНЕКОВИЙ ТРАНСПОРТЕР-ПОДРІБНЮВАЧ  
КОРЕНЕПЛОДІВ  
**Y.V. Gritsay**  
COMBINED SCREW CONVEYOR-CHOPPER OF ROOT CROPS
102. **Т.М. Пелешок, Л.Р.Рогатинська, Ю.А. Заставний, П.О. Леськів** 195  
ДОСЛІДЖЕННЯ БУНКЕРНОЇ ПОДАЧІ СИПУЧИХ МАТЕРІАЛІВ  
**T.M. Peleshok, L.R. Rogatynska, Yu A Zastavnyi, P.O. Les'kiv**  
INVESTIGATION OF THE INNINGS OF BULK CARGO MATERIALS  
FROM THE BUNKER
103. **В.Р. Паньків** 196  
УТОЧНЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ЗАПОВНЕННЯ КОМБІНОВАНОГО  
ГВИНТОВОГО ТРАНСПОРТЕРА  
**V.R. Pankiv**  
REFINEMENT OF THE FILLING FACTOR OF THE COMBINED SCREW  
CONVEYOR
104. **Є.Б. Береженко, В.М. Барановський** 198  
ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧА ТЕХНОЛОГІЯ ЗБИРАННЯ ГИЧКИ  
КОРЕНЕПЛОДІВ ЦИКОРІЮ КОРЕНЕВОГО  
**E.B. Berezhenko, V.M. Baranovsky**  
ENERGY-SAVING TECHNOLOGY TOPS ASSEMBLY ROOT CHICORY  
ROOT VEGETABLES
105. **О.Ю. Скальський, В.М. Барановський** 200  
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МАСИ НАЛИПЛОГО ГРУНТУ  
НА ПОВЕРХНІ ТІЛА КОРЕНЕПЛОДІВ ЦИКОРІЮ  
**A.Ju. Skalsky, V.M. Baranovsky**  
EXPERIMENTAL STUDIES OF THE MASS OF ADHERED SOIL ON THE  
SURFACE OF THE BODY OF CHICORY ROOT CROPS
106. **В.О. Мерзлов** 202  
ТИСК В КОНТАКТІ РОЛИКА З ДЕТАЛЮ ПРИ ОБКАТУВАННІ  
РОЛИКАМИ

- O.V. Merzlov**  
THE PRESSURE IN THE CONTACT OF A ROLLER ROLL WITH A  
DETAIL IN ROLLING
107. **Х.О. Лизан, Д.В. Верескля, П.С. Федорів** 204  
ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ БУНКЕРНОГО  
ЖИВИЛЬНИКА  
**K.O. Lyzan, D.V. Vereskliia, P.S. Fedoriv**  
STUDY OF OPTIMAL PARAMETERS OF BUNKER BATCHER
108. **А. Павлишин, О.А. Гнитка, П.С. Федорів** 205  
ПОБУДОВА СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ  
ВЕНТИЛЯЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ЦЕХІВ  
**A. Pavlyshyn, O.A. Gnytko, P.S. Fedoriv**  
BUILDING OF AUTOMATIC SYSTEMS VENTILATION CONTROL OF  
MANUFACTURING SHOPS
109. **А.В. Чорній, Д.Я. Баран** 206  
АВТОМАТИЗОВАНИЙ МЕТОД ОБРОБЛЕННЯ ДЕФЕКТОСКОПІЧНОЇ  
ІНФОРМАЦІЇ  
**A.V. Chorniy, D.Y. Baran**  
АВТОМАТИЗОВАНИЙ МЕТОД ОБРОБЛЕННЯ ДЕФЕКТОСКОПІЧНОЇ  
ІНФОРМАЦІЇ
110. **М.В. Грубенюк** 207  
ОСОБЛИВОСТІ ЗВЕДЕННЯ СУМІЖНИХ ВИСОТНИХ ЖИТЛОВИХ  
БУДІВЕЛЬ  
**M.V. Hrubeniuk**  
FEATURES OF CONSTRUCTION OF RELATED HIGH-RISE  
RESIDENTIAL BUILDINGS







Формат 60×90 Папір ксероксний.  
Обл. вид. арк. 14,0  
Наклад 100 прим. Зам. № 2074

Видавництво Тернопільського національного  
технічного університету імені Івана Пулюя

вул. Руська, 56, м. Тернопіль, 46001  
**E-mail: [vydavnytstvo@tu.edu.te.ua](mailto:vydavnytstvo@tu.edu.te.ua)**

© Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя  
Навчально-методична література