

**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  
ГО «Асоціація випускників Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя»

# **АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

## **Збірник**

тез доповідей

## **Том I**

**VII Міжнародної науково-технічної  
конференції молодих учених та студентів  
28-29 листопада 2018 року**



**УКРАЇНА  
ТЕРНОПІЛЬ – 2018**



**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 Slovak Republic)  
Vilnius Gediminas Technical University (The Republic of Lithuania)  
Šiauliai State College (The Republic of Lithuania)  
Belarusian National Technical University (Republic of Belarus)  
Rzeszów University of Technology (Republic of Poland)  
International Academy Mohammed VI of Civil Aviation (Morocco)  
National University of Life and Environmental Sciences of Ukrainehas (Ukraine)  
T. Shevchenko Scientific Society**

# **CURRENT ISSUES IN MODERN TECHNOLOGIES**

**Book**

of abstract

**Volume I**

**of the VII International scientific and technical  
conference of young researchers and students**

28th-29th of November 2018



**UKRAINE  
TERNOPIL – 2018**

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, 28th-29th of November 2018.) / Ministry of Education and Science of Ukraine, Ternopil Ivan Puluj National Technical Universtiy [and other.]. – Ternopil : TNTU, 2018. – 232.

### **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 Scienses 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;
- Modern technologies in transport area.

**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  
ГО «Асоціація випускників Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя»

# **АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

## **Збірник**

тез доповідей

## **Том I**

**VII Міжнародної науково-технічної  
конференції молодих учених та студентів  
28-29 листопада 2018 року**



**УКРАЇНА  
ТЕРНОПІЛЬ – 2018**

УДК 001  
А43

Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 28–29 листоп. 2018.) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. – Тернопіль : ТНТУ, 2018. – 232.

### **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); Вінаш Я. – професор кафедри технології металів 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); Меноу 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;
- сучасні технології на транспорті.

**СЕКЦІЯ: ФІЗИКО-ТЕХНІЧНІ ОСНОВИ РОЗВИТКУ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**  
**УДК 519.62:532.631:537.29**

**І.М. Карпович, канд. фіз.-матем. наук, доц., С.Б. Коник**

Національний університет водного господарства та природокористування, Україна

**МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ ПУЛЬСУЮЧОЇ РІДИНИ В КАПІЛЯРАХ ПІД  
ВПЛИВОМ СИЛОВОГО ПОЛЯ**

**I.M. Karpovych Ph.D., Assoc. Prof., S.B. Konyk**

**MODELING THE MOTION OF A PULSATING LIQUID IN CAPILLARIES UNDER  
THE INFLUENCE OF A FORCE FIELD**

Оптимізація процесів внутрішнього масообміну в різних галузях техніки і технології може бути досягнута шляхом створення умов, що забезпечують підтягування рідини до поверхні дисперсного матеріалу, формування всередині пористих зразків градієнтів поверхневого натягу рідини, що заповнює пори, формування і відрив дрібних крапельок вологи на початковій стадії зневоднення.

Сучасні теоретичні і експериментальні дослідження свідчать, що неоднорідне електричне поле (НЕП) може бути ефективним методом управління тепломасообмінними процесами під час взаємодії різних поверхонь з рідинами і газами. Особлива роль належить зовнішнім полям високої напруженості і неоднорідності. Використання капілярних моделей різної складності для вивчення механізму масообмінних процесів у пористому середовищі дозволяє отримати надійні значення параметрів масопереносу.

Розв'язана задача руху рідини в окремому циліндричному капілярі радіуса  $R$  під впливом змінного градієнта тиску, де в загальному випадку  $-\partial p/\partial z=f(t)$ . В пульсуючому НЕП, напруженість якого  $E$ , значення періодичної сили, що діє на рідну з діелектричною проникністю  $\varepsilon$ , можна знайти, як відомо, із врахуванням пондеромоторної сили  $f(t) = 0,5\varepsilon_0(\varepsilon - 1)\nabla E^2(t)$ .

Розраховані епюри швидкостей руху капілярної рідини в різні моменти часу в пульсуючому НЕП для  $R = 10..100$  мкм. Розташування кривих переконує, що за розглянутих коливань градієнта тиску в капілярі виникають зворотні течії. Спостерігається також значне відхилення профілю меніска рідини від параболічного вигляду, викликане випередженням шарів, розташованих поблизу осі капіляра, пристінковими шарами. Отримані розв'язки підтверджені в експериментальних дослідженнях. Використовувалися частково заповнені рідиною кварцові капіляри з радіусами 10..50 мкм. Пульсуюче НЕП промислової частоти створювалося системою електродів вістря – пластина. Підготовка і умови проведення експериментів детально описані в [1]. Під впливом градієнтного поля відбувається витягування полімолекулярної плівки по стінках капіляра. Після того, як ефективна товщина плівки досягає певного значення, плівка стає нестійкою. Флуктуації товщини плівки і деформація меніска рідини сприяють змиканню плівки, утворенню вторинних стовпчиків рідини, тобто рідина у змочувальній плівці перекачується в напрямку більшої неоднорідності поля. Таким чином, змінні або неоднорідні зовнішні умови масообміну, які створюються силовим полем, відкривають можливість для розробки і вдосконалення методів видалення вологи, не пов'язаних з її перетворенням у пару.

**Література**

Karpovich I.N. (2017) Kinetics of Capillary Soaking in an Inhomogeneous Electric Field. Journal of Engineering Physics and Thermophysics, vol. 90, no 5, pp. 1087-1092.

УДК 519.6

Ю.І.Козбур

Львівський національний університет ім. І. Франка, Україна

**ВПЛИВ ФОРМИ ГРАНИЦІ ОБЛАСТІ ДЛЯ ЗАДАЧІ ДІРІХЛЕ НА ТОЧНІСТЬ ЧИСЕЛЬНОГО РОЗВ'ЯЗКУ**

Y.I.Kozbur

**THE INFLUENCE OF THE DOMAIN SHAPE FOR DIRICHLET PROBLEM ON THE ACCURACY OF NUMERICAL SOLUTION**

Нехай  $D \subset \mathbb{R}^2$  – зв'язна область із замкнутою границею  $\Gamma_2$  та розрізом  $\Gamma_1$  із крайніми точками  $x^{-1}$  та  $x^1$ . Необхідно знайти таку функцію  $u: D \rightarrow \mathbb{R}$ , що задовольняє рівняння Лапласа (1) і граничні умови Діріхле (2):

$$\Delta u = 0 \text{ в } D \quad \text{та} \quad u = f_i \text{ на } \Gamma_i, \quad i=1,2, \quad (1)-(2)$$

де  $f_i$  - задані достатньо гладкі неперервні функції. Подання розв'язку має вигляд:

$$u(x) = \int_{\Gamma_1} \varphi_1(y) \Phi(x, y) ds(y) + \int_{\Gamma_2} \varphi_2(y) \Phi(x, y) ds(y), \quad x \in D, \quad \text{де } \varphi_i \text{ - розв'язки}$$

системи

$$\sum_{i=1}^2 \int_{\Gamma_i} \varphi_i(y) \Phi(x, y) ds(y) = f_j(x), \quad x \in \Gamma_j, \quad j=1,2. \quad (3)$$

Розглянемо задачу (1)–(2) із  $f_i(x) = \Phi(x, y^*)$  на  $\Gamma_i$ ,  $i=1,2$ . Очевидно, точним розв'язком цієї задачі є функція  $u_{ex} = \Phi(x, y^*)$ ,  $x \in \bar{D}$ , де  $y^*$  представляє собою точку  $(10, 10)$ , що знаходиться поза областю.

Для чисельного експерименту розглянемо області  $D_i$ ,  $i=1,2$ , з однаково визначеною внутрішньою границею  $\Gamma_1^{(i)}$  та різними зовнішніми  $\Gamma_2^{(i)}$ . Виконаємо параметризацію границь у вигляді:

$$\begin{cases} \Gamma_1^{(i)} = \{x_1^{(2)}(t) = (t^3, t), \quad t \in [-1, 1]\}, \\ \Gamma_2^{(1)} = \{x_2^{(1)}(t) = (2 \cos t + \sin t, 2 \sin t), \quad t \in [0, 2\pi]\}; \\ \Gamma_2^{(2)} = \{x_2^{(2)}(t) = r(t) \left(\frac{2}{3} \cos t, \sin t\right), \quad t \in [0, 2\pi]\}, \end{cases}$$

$$\text{де } r(t) = \left( \left(\frac{1}{2} \cos t\right)^{10} + \left(\frac{1}{2} \sin t\right)^{10} \right)^{0,15}.$$

Тоді для порядку  $M$  розмірності СЛАР, отриманої після дискретизації системи інтегральних рівнянь (3), отримуємо такі відносні похибки для чисельних розв'язків відносно двох областей в т.(0; 1):

M	$err_{\partial D_1}$	$err_{\partial D_2}$	M	$err_{\partial D_1}$	$err_{\partial D_2}$
2	0.06457859	0.0413924	16	9.479941e-07	7.866587e-06
4	0.003344844	0.000726674	32	2.280907e-11	7.901079e-08
8	0.000509239	0.000698228	64	8.051254e-16	4.717411e-12
	9	4			

Отже, при однаковій внутрішній границі та різних зовнішніх похибка розв'язку для двох задач відрізняється, для більш складних областей точність обчислень спадає. Розв'язок при цьому збігається до точного експоненційно.



**УДК 621.762.2**

**Ю.Ф. Терновий, докт. техн. наук, проф., Н.В. Лічконенко**

Запорізька державна інженерна академія, Україна

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ УТВОРЕННЯ СФЕРИЧНИХ МІКРОГРАНУЛ  
БЕЗ САТЕЛІТІВ ДЛЯ ПОВЕРХНЕВО-ПЛАСТИЧНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ  
ВІДПОВІДАЛЬНИХ ВИРОБІВ**

**Y.F. Ternovyi, Dr., Prof., N.V. Lichkonenko**

**THE STUDY OF PROCESSES DEVELOPMENT OF MICROGRANULE OF  
SPHERICAL FORM WITHOUT PARTICLE-SATELLITES FOR SURFACE-  
PLASTIC DEFORMATION OF CRITICAL WARE**

Різновиди процесів розпилення з використанням газового потоку (енергоносія) широко застосовують для багатотоннажного отримання металевих порошків. Технологія розпилення інертними газами дає можливість отримувати порошки високої чистоти, із заданим фракційним складом і необхідною формою, з порівняно низькими енерговитратами, високою продуктивністю і технологічністю процесу [1].

Особливий інтерес викликає можливість використання порошків у виробках відповідального призначення. Так, в авіаційній промисловості широко використовують зміцнення поверхнево-пластичною деформацією (ППД) широкої номенклатури деталей [2]. Ідеальні робочі тіла для ППД - сферичні мікрокульки від приладових підшипників кочення. Але технологія їх виробництва трудомістка і характеризується низьким коефіцієнтом використання металу (не більше 0,3). Дешевше і продуктивніше отримувати робочі тіла методом розпилення. Отримані порошки мають бути кулястої форми без сателітів з максимальною монодисперсністю. Для отримання порошкових часток без сателітів у світі, наприклад, використовують REP-процес (НВО «ВИЛС», Росія) або газову сепарацію по розмірах в процесі розпилення («ASL», Англія) [3].

В зв'язку з цим метою роботи було вивчення закономірностей процесів формоутворення часток порошку при розпиленні газом і розробка процесу отримання сферичних мікрогранул без сателітів.

З практики розпилення розплавів інертними газами відомо, що основним формотворчим чинником є взаємні зіткнення часток при польоті [1], а також зіткнення крапель з екраном або стінками розпилювальної камери. У загальному випадку форма одиничних крапель, що виходять в результаті розпаду мікроструменів розплаву, залежить від співвідношення наступних величин: часу охолодження  $\tau_{\text{охол}}$ ; часу сфероїдизації або часу загасання коливань навколо рівноважної кулястої форми  $\tau_{\text{зат}}$ ; періоду коливань монотонного або коливального руху поверхні краплі до сферичної форми  $\tau_{\text{кол}}$ ; часу руху крапель до екрану  $\tau_{\text{прол}}$ ; часу кристалізації, коли рідка фаза є присутньою в частці разом з твердою і удар об екран може змінити її форму  $\tau_{\text{кр}}$ ; часу вільного пробігу між окремими взаємними зіткненнями крапель у польоті  $\tau_{\text{вп}}$ .

Експериментальні дані і проведені оціночні розрахунки постійних часу, за виключенням  $\tau_{\text{вп}}$ , виконані з урахуванням властивостей сплавів на основі нікелю, кобальту і заліза, розпиленних аргонном при перегріванні [4] показують, що управляти параметрами  $\tau_{\text{зат}}$ ,  $\tau_{\text{кол}}$  і  $\tau_{\text{кр}}$  практично неможливо при фіксованих швидкостях газового потоку, фізичних властивостях газу і розплаву. Активний вплив на величину  $\tau_{\text{охол}}$  також є проблематичним, оскільки крім швидкості газового потоку і температури металу факторів впливу більше немає. Величина  $\tau_{\text{прол}}$  визначається конструктивно, і при отриманні гранул її обирають такою, щоб у польоті забезпечувалося повне твердіння крапель.

У зв'язку з цим необхідно відмітити, що в стандартних процесах газового розпилення єдина можливість управляти формою часток закладена в регулюванні  $\tau_{\text{вп}}$  за допомогою величин  $E_{21}$  і  $\beta'_2$ , що визначають міру присутності часток-сателітів на поверхні великої частки. В свою чергу, ці величини можуть бути знижені при створенні обертання газового потоку навколо осі розпилення в радіальному напрямі. Така схема в принципі може дозволити добитися значення  $\beta'_2 \rightarrow 0$ , а  $\tau_{\text{вп}} \rightarrow \infty$ . Оскільки тоді  $\tau_{\text{вп}} > \tau_{\text{охол}}$ , що є кінцевою величиною, то може бути отриманий порошок ідеальної сферичної форми без сателітів.

Викладені вище теоретичні закономірності стали передумовами для розробки методу газоструменевого розпилення металевих розплавів із застосуванням газового поступально-обертального потоку із сталі марки ШХ15 і інших матеріалів. Вказаний спосіб передбачає подачу струменя розплаву в зону розпилення, формування потоку газу-енергоносія і диспергування струменя газовим потоком, що обертається. При цьому на струмінь розплаву впливають двома закрученими в різні боки спіралеподібними газовими потоками, спрямованими зверху вниз, у вигляді конусів, що розширюються. Це призводить до розширення зони дроблення металу, зниження прямої дії газу на рідкі металеві частки і, тим самим, дозволяє розділити в просторі рух дрібних і великих крапель.

Для визначення ефективності застосування отриманих робочих тіл виконували випробування із використанням для порівняння чистового точіння і робочих тіл для ППД виробництва ПАТ «Тулачермет» - визначали шорсткість поверхні, остаточні напруження стискання в поверхневому шарі, довговічність роботи оброблюваних матеріалів. Результати випробувань показали, що поверхнево-пластична деформація з використанням мікрокульок, виготовлених за запропонованою технологією, дає вагомі технічні і економічні переваги: збільшено на 10...30 % межу витривалості оброблюваних матеріалів; збільшена в 2...6 разів довговічність деталей; підвищено в 3 рази ресурс роботи виробів.

#### **Література**

1. Ничипоренко, О.С. Распыленные металлические порошки [Текст] / О.С. Ничипоренко, Ю.И. Найда, А.Б. Медведовский. – К.: Наукова думка, 1980. – 240 с.
2. Одинцов, Л.Г. Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием [Текст]: справочник / Л.Г. Одинцов. – М.: Машиностроение, 1987. – 328 с.
3. Распыление водой высокого давления для производства порошков различных металлов и сплавов [Электронный ресурс] / Интернет-сайт компании НЕТРАММ – Режим доступа: [http://www.netramm.com/news\\_pm\\_2](http://www.netramm.com/news_pm_2) НЕТРАММ.pdf.
4. Терновой, Ю.Ф. Получение микрогранул сферической формы без сателлитов при диспергировании металлических расплавов инертным газом. Сообщение 1. Теоретические основы формообразования гранул в процессе газового распыления [Текст] / Ю.Ф.Терновой, С.А.Воденников, Н.В.Личконенко // Металургія: Збірник наукових праць: – Вип. 1 (39). – Запоріжжя: ЗДІА, 2018. - С. 48-52

УДК 581.3

**М.В. Мачуляк, В.Р. Слободян, В.В. Пекельна, І.А. Фольварков**

Тернопільський національний економічний університет, Україна

## **АЛГОРИТМ ПЕРЕВІРКИ ЧИСЕЛ НА ПРОСТОТУ В СИСТЕМІ ЗАЛИШКОВИХ КЛАСІВ**

**M.V. Machulyak, V.R. Slobodyan, V.V. Pekelna, I.A. Folvarkov**

### **ALGORITHM FOR PRIME VERIFICATION NUMBERS IN THE RESIDUAL CLASSES BASED**

Відрізнити просте число від складеного, а також розкласти останнє на прості множники є однією з найважливіших задач арифметики. Пошук великих простих чисел необхідний, наприклад, для забезпечення надійності систем захисту інформації з відкритим ключем. Безпека останніх базується на твердженні, що операція множення двох великих простих чисел є односторонньою функцією.

На сьогоднішній час перевірка простоти числа здійснюється на основі ймовірнісних тестів Ферма, Соловей – Штрассена, Мілера – Рабіна, які відзначаються значною обчислювальною складністю.

Основною ідеєю тесту Ферма перевірки на простоту є використання теореми Ферма згідно якої, якщо  $n$  – просте, то для довільного  $a$ ,  $1 \leq a \leq n - 1$  має місце рівність  $a^{n-1} \equiv 1 \pmod{n}$  в іншому  $n$  не є простим [1].

У тесті на простоту Соловей – Штрассена використовується критерій Ейлера: якщо  $n$  – просте, то  $a^{\frac{n-1}{2}} \equiv \left(\frac{a}{n}\right) \pmod{n}$  для всіх значень  $a$ , для яких  $\text{НСД}(a, n) = 1$ . Слід зазначити, що в даному підході потрібно перевіряти чи  $\left(\frac{a}{n}\right)$  буде квадратичним лишком, тобто обчислювати символ Якобі [2].

Тест Мілера – Рабіна найбільш часто використовується на практиці та називається сильним тестом на простоту. Він базується на наступному факті: нехай  $n$  – непарне просте число, при чому  $n - 1 = 2^s \cdot r$ , де  $r$  – непарне,  $a$  – натуральне число, яке взаємнопросте з  $n$ , тобто  $\text{НСД}(a, n) = 1$ . Тоді має місце одна із рівностей:  $a^r \equiv 1 \pmod{n}$ , або  $a^{2^j r} \equiv -1 \pmod{n}$  для деякого  $j$ ,  $0 \leq j \leq s - 1$  [1]. Враховуючи те, що в даному методі є операції модулярного експоненціювання, що призводить до значної обчислювальної складності  $O(n \log_2^2 n)$ .

Функціональними обмеженнями даних алгоритмів є використання для обчислень багаторівневого базису Радемахера, які характеризуються складними операціями модульного ділення, множення та сумування з наскрізними переносами. Використання системи числення залишкових класів призведе до зменшення часових затрат та дозволить аналітично встановити подільність чисел типу Мерсена [3]. Запропонований алгоритм в системі числення залишкових класів базується на рекурентному обчисленні залишків по заданому модулю згідно співвідношення:

$$b_{i+1} = 2 \cdot b_i \pmod{p}. \quad (1)$$

При цьому, стартова позиція рекурентної перевірки подільності числа на прості множники визначається згідно виразу:

$$res \cdot 2^i \pmod{p} + res \sum_{j=0}^n 2^j \pmod{p} \equiv 0 \pmod{p}. \quad (2)$$

Результати реалізації даного алгоритму представлено в таблиці 1.

Таблиця 1. Аналітика простих та взаємно простих чисел виду  $2^n + k$ .

Прості числа	Вирази виду $2^n + 1$ , які діляться на прості числа	Вирази виду $2^n + 3$ , які діляться на прості числа	Вирази виду $2^n + 5$ , які діляться на прості числа	Вирази виду $2^n + 11$ , які діляться на прості числа	Вирази виду $2^n + 13$ , які діляться на прості числа
3	$2^{2n+1} + 1$	-	-	-	-
5	$2^{4n+2} + 1$	$2^{4n+1} + 3$	-	-	-
7	-	$2^{3n+2} + 3$	-	-	-
11	$2^{10n+5} + 1$	$2^{10n+3} + 3$	$2^{10n+9} + 5$	-	-
13	$2^{12n+6} + 1$	$2^{12n+10} + 3$	$2^{12n+3} + 5$	$2^{12n+2} + 11$	-
17	$2^{8n+4} + 1$	-	-	-	$2^{8n+3} + 13$
19	$2^{18n+9} + 1$	$2^{18n+4} + 3$	$2^{18n+7} + 5$	$2^{18n+4} + 11$	$2^{18n+15} + 13$
23	-	-	$2^{11n+6} + 5$	$2^{11(n+1)} + 11$	-
29	$2^{28n+14} + 1$	$2^{28n+19} + 3$	$2^{28n+8} + 5$	$2^{28n+12} + 11$	$2^{28n+5} + 13$
31	-	-	-	-	-
37	$2^{36n+18} + 1$	$2^{36n+8} + 3$	$2^{36n+5} + 5$	$2^{36n+13} + 11$	$2^{36n+30} + 13$
41	$2^{20n+10} + 1$	-	$2^{20n+17} + 5$	-	-
43	$2^{14n+7} + 1$	-	-	$2^{14n+6} + 11$	-
47	-	-	$2^{23n+9} + 5$	$2^{46n+18} + 11$	$2^{23n+8} + 13$
53	$2^{52n+26} + 1$	$2^{52n+43} + 3$	$2^{52n+21} + 5$	$2^{52n+32} + 11$	$2^{52n+51} + 13$
59	$2^{58n+29} + 1$	$2^{58n+21} + 3$	$2^{58n+35} + 5$	$2^{58n+55} + 11$	$2^{58n+17} + 13$
61	$2^{60n+30} + 1$	$2^{60n+36} + 3$	$2^{60n+52} + 5$	$2^{60n+46} + 11$	$2^{60n+11} + 13$
67	$2^{66n+33} + 1$	$2^{66n+6} + 3$	$2^{66n+48} + 5$	$2^{66n+27} + 11$	$2^{66n+53} + 13$
71	-	-	-	$2^{35n+12} + 11$	-
73	-	-	-	-	-
79	-	$2^{39n+10} + 3$	-	-	-

Незаповнені дані в таблиці 1 свідчать про те, що не існує чисел виду  $2^n + k$  які б ділилися на відповідні прості числа. Отже, відповідна запропонований алгоритм дозволяє суттєво скоротити час перевірки простоти чисел та на основі розробленої аналітики вказати прості дільники.

#### Література

1. Бородін О.І. Теорія чисел / О.І.Бородін. – К.: Вища школа, 1970. – 275 с.
2. Карпінський М.П., Якименко І.З., Хомінчук А.В. Використання символів Якобі в криптографії ЕК. III Міжнародна науково-технічна конференція "Світ інформації та телекомунікацій-2006" Київ, ДУІКТ 26-27 квітня 2006 р. – С.208.
3. Kasianchuk M. Algorithms of findings of perfect shape modules of remaining classes system / M.Kasianchuk, I.Yakymenko, I.Pazdriy, O.Zastavnyy // Proceedings of the XIII-th International Conference "The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics (CADSM-2015)". - Polyana-Svalyava (Zakarpattia), Ukraine.- 2015. - P.168-171.
4. Николайчук Я.М., Якименко І.З., Долинюк Т.М. Теоретичні основи виконання модулярних операцій множення та експоненціювання в теоретико-числовому базисі Крестенсона-Радемахера. Інформатика та математичні методи в моделюванні. – №2. – 2011. – с. 123–130.

УДК 621.865.8

**Р.І. Михайлишин, канд. тех. наук, В.Б. Савків, канд. тех. наук, доц., Т.А. Юшак**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ВАНТАЖНО-РОЗВАНТАЖУВАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ ВАКУУМНИХ ЗАХОПЛЮВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ**

**R.I. Mykhailyshyn, Ph.D., V.B. Savkiv, Ph.D., Assoc. Prof., T.A. Yuschak**  
**INVESTIGATION OF ENERGY EFFICIENCY OF LOADING OPERATION BY USING VACUUM GRIPPING DEVICES**

Під час впровадження сучасних засобів автоматизації вантажно-розвантажувальних операцій із застосуванням промислових роботів використовують різні типи захоплювачів та подовжувачі. Від вибору типу захватної системи залежить енергоефективність процесу маніпулювання об'єктами виробництва. Зазвичай задачі мінімізації енергетичних затрат на транспортування об'єктів маніпулювання промисловими роботами передбачають оптимізацію параметрів руху та траєкторії промислового робота [1].

Проте на енергоефективність процесу транспортування об'єктів виробництва впливають не лише параметри руху і траєкторія кінцевої ланки промислового робота, а і орієнтація захоплювача (захватної системи) та схема вантажно-розвантажувальної операції.

З метою мінімізації енерговитрат захоплювачем Бернуллі під час виконання вантажно-розвантажувальних операцій в статтях [1-2] було запропоновано методику оптимізації орієнтації захоплювача у процесі маніпулювання по прямолінійній траєкторії. Опис експериментальної установки та аналіз отриманих експериментальних результатів із застосування методу оптимізації орієнтації захоплювача Бернуллі описано в статті [3].

Проте, дослідженню енергоефективності процесу транспортування габаритних об'єктів приділено недостатньо уваги [4]. А саме, необхідно провести аналіз використання методу оптимізації орієнтації захватної системи при транспортуванні габаритних об'єктів по прямолінійній траєкторії.

Найчастіше для транспортування деталей по прямолінійній траєкторії використовують трапецієподібний закон зміни швидкості кінцевої ланки промислового робота. Для траєкторії Рис. 1. згідно методика оптимізації орієнтації захоплювача Бернуллі передбачає розбиття прямолінійної траєкторії на чотири ділянки: 3-розгін, 4-переорієнтація, рух з рівномірною швидкістю, 5-переорієнтація і 6-уповільнення.

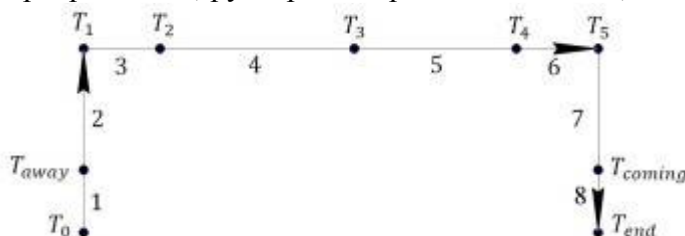


Рисунок 1. Траєкторія для виконання вантажно-розвантажувальної операції

Вагомий вплив на загальні енергетичні затрати під час виконання вантажно-розвантажувальних операцій, мають масо-габаритні параметри об'єкта, що впливає на вибір захватної системи. Зазвичай для захоплення габаритних об'єктів використовують декілька

пневматичних захоплювальних пристроїв.

Для забезпечення стабільності транспортування габаритних ОМ необхідно використовувати групу захоплювальних пристроїв (ЗС) змонтованих на спільній рамі.

Таке конструктивне рішення дозволить підвищити вантажопідймальність ЗС та покращити стабільність утримування ОМ у процесі маніпулювання. Для прикладу розглянемо транспортування габаритного об'єкта масою 4 кг та розмірами 0.5x0.5 метра. Для транспортування без оптимізації орієнтації використаємо типовий подовжувач із трьома захватами (Рис. 2, а), а для транспортування з оптимізацією орієнтації орієнтуючий подовжувач (Рис. 2, б). Це дозволить максимально розосередити сили, що будуть діяти на об'єкт маніпулювання, підвищити стабільність утримування ОМ, мінімізувати вібрації ОМ під час транспортування.

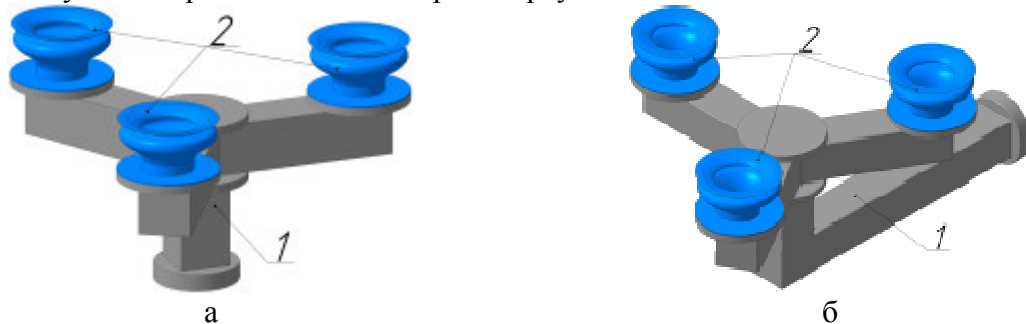


Рисунок 2. Конструкції захватних систем: 1 – подовжувачі; 2 - захоплювачі

В результаті досліджень енергоефективності вантажно-розвантажувальних операцій із застосування системи вакуумних захватів (Рис. 3), із оптимізацією орієнтації та без оптимізації, енергетичні затрати скоротилися на 60%.

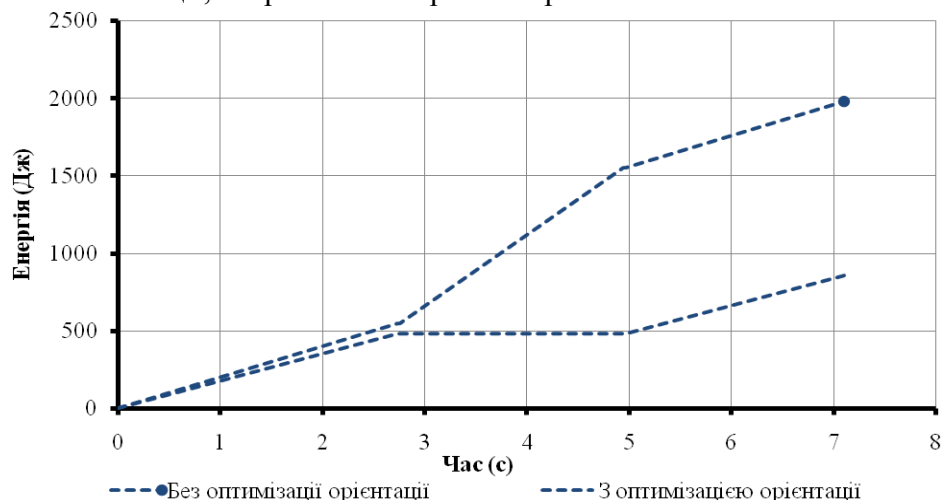


Рисунок 3. Графік затраченої енергії на одну вантажно-розвантажувальну операцію

### Література

1. Михайлишин Р. І. Optimization of bernoulli gripping device's orientation under the process of manipulations along direct trajectory / Р.І. Михайлишин, Я. І. Проць, В.Б. Савків // Вісник ТНТУ. – Тернопіль, 2016. – Том 81. – №1. – С. 107 – 117.
2. Orientation Modeling of Bernoulli Gripper Device with Off-Centered Masses of the Manipulating Object / V. Savkiv, R. Mykhailyshyn, O. Fendo, M. Mykhailyshyn // Procedia Engineering. – 2017. – №187, P. 264 – 271.
3. Experimental Research of the Manipulation Process by the Objects Using Bernoulli Gripping Devices / R. Mykhailyshyn, V. Savkiv, M. Mikhalishin, F. Duchon // In Young Scientists Forum on Applied Physics and Engineering, International IEEE Conference. – Lviv, 2017. – P. 8 – 11.
4. Energy efficiency analysis of the manipulation process by the industrial objects with the use of Bernoulli gripping devices / V. Savkiv, R. Mykhailyshyn, F. Duchon, M. Mykhailyshyn // Journal of Electrical Engineering. – 2017. – №68(6), P. 496 – 502.

УДК 581.3

**В.В. Суслін, Ю.М. Кладій, А.М. Гринчук, С.В. Стихальська**  
Тернопільський національний економічний університет, Україна

## **ПОБУДОВА МОДИФІКОВАНОЇ ДОСКОНАЛОЇ ФОРМИ СИСТЕМИ ЗАЛИШКОВИХ КЛАСІВ НА ОСНОВІ ТЕОРЕМИ ВІЄТА**

**V.V.Suslin, Yu.M.Kladij, A.M.Hrynychuk, S.V.Stykhalska**  
**CONSTRUCTION OF A MODIFIED PERFECT FORM OF A SYSTEM OF  
RESIDUAL CLASSES BASED ON THE VIETA'S THEOREM**

Відомо [1], що найперспективнішим шляхом підвищення швидкодії сучасних обчислювальних систем є розпаралелення процесу обробки інформації. Цією властивістю володіють деякі непозиційні системи числення, зокрема система залишкових класів (СЗК) [2]. Хоча вона має певні недоліки, однак дозволяє ефективно виконувати арифметичні операції над великорозрядними числами, що є дуже важливим у наш час, наприклад, під час захисту інформації [3].

Представленню десяткового числа  $N$  у СЗК відповідають найменші невід'ємні залишки  $b_i$  цього числа у системі взаємно простих модулів  $p_i$ , тобто  $b_i = N \bmod p_i$  [4].

При цьому діапазон обчислень має лежати в межах  $0 \leq N \leq P-1$ , де  $P = \prod_{i=1}^n p_i$ . Зворотне

перетворення у десяткову систему числення відбувається на основі китайської теореми

про залишки [4]:  $N = \left( \sum_{i=1}^n b_i B_i \right) \bmod P$ , де  $B_i = M_i m_i$ ,  $M_i = \frac{P}{p_i}$ , базисні числа  $m_i$  шукаються з

виразу:  $m_i = M_i^{-1} \bmod p_i$ .

Необхідність обчислення оберненого елемента істотно збільшує складність переведення чисел з СЗК у десяткову систему [5]. Спрощення цієї задачі відбувається у модифікованій досконалій формі СЗК (МДФ СЗК), коли усі  $m_i = \pm 1$  [6], що дозволяє уникнути процедури пошуку оберненого елемента і множення на базисні числа.

Тому метою нашої роботи є розробка алгоритму знаходження системи з трьох модулів для МДФ СЗК на основі теореми Вієта.

В роботах [6, 7] був отриманий такий вираз:  $p_2 p_3 + p_1(p_2 + p_3) = \pm 1$ . У це рівняння входять модуль  $p_1$ , який вважається відомим, а також добуток і сума невідомих модулів  $p_2$  та  $p_3$ . Для їх пошуку введемо позначення  $p_2 p_3 = k p_1 \pm 1$ . Тоді відповідно  $p_2 + p_3 = -k$ . За допомогою теореми Вієта можна побудувати квадратне рівняння, цілочисельними коренями якого будуть значення шуканих модулів:

$$x^2 + kx + k p_1 \pm 1 = 0. \quad (1)$$

Розв'язавши (1), невідомі модулі можна записати таким чином:

$$p_{2,3} = \frac{1}{2} \left( -k \pm \sqrt{k^2 - 4(k p_1 \pm 1)} \right). \quad (2)$$

З (2) видно, що розв'язки (1) будуть цілочисельні, коли дискримінант рівняння (1) є повним квадратом деякого числа, яке зручно представити в такому вигляді:

$$k^2 - 4(k p_1 \pm 1) = (k - 2(p_1 + a))^2. \text{ Після відповідних перетворень маємо: } k = 2p_1 + a + \frac{p_1^2 \pm 1}{a}.$$

Отже, МДФ СЗК з трьох модулів існує, коли виконується умова  $(p_1^2 \pm 1) \bmod a = 0$ . Це означає, що параметр  $a$  обмежується інтервалом  $[-p_1 + 1; p_1 - 1]$ ,  $a \neq 0$ .

В таблиці 1 представлено можливі значення  $p_2$ ,  $p_3$ , відповідних їм параметрів  $a$ ,

$k$ , а також абсолютних величин модулів для  $p_1=5$ .

Таблиця 1. Можливі значення  $p_2$ ,  $p_3$ , відповідних їм параметрів  $a$ ,  $k$ , а також абсолютних величин модулів для  $p_1=5$ .

№	$a$	$k$	$p_2$	$p_3$	$ p_2 $	$ p_3 $
1	-3	-1	-2	3	2	3
2	-2	-4	-3	7	3	7
3	-2	-5	-3	8	3	8
4	-1	-15	-4	19	4	19
5	-1	-17	-4	21	4	21
6	1	37	-6	-31	6	31
7	1	35	-6	-29	6	29
8	2	25	-7	-18	7	18
9	2	24	-7	-17	7	17
10	3	21	-8	-13	8	13
11	4	20	-9	-11	9	11

З таблиці 1 видно, що модуль  $p_2$  набуває тільки від'ємних значень. При  $a < 0$  модуль  $p_3$  додатний і навпаки, якщо  $a > 0$ , то  $p_3 < 0$ . Слід зазначити, що в таблиці відсутнє значення  $a = -4$ , оскільки в цьому випадку  $p_2, p_3 = \pm 1$ . Однак такий набір модулів суперечить початковим умовам задачі.

Отже, відповідна заміна змінних дозволяє суттєво скоротити перебір усіх можливих варіантів та зменшити обчислювальну складність для знаходження модулів МДФ СЗК.

#### **Література**

1. Kasianchuk M. Conception of theoretical bases of the accomplished form of Krestenson's transformation and its practical application / M. Kasianchuk // Proceedings of the 4-th International Conference "Advanced Computer Systems and Networks: Design and Application" (ACSN-2009). – L'viv. – 2009. – P. 299–301.
2. Kasianchuk M. Algorithms of findings of perfect shape modules of remaining classes system / M.Kasianchuk, I.Yakymenko, I.Pazdriy, O.Zastavnyy // Proceedings of the XIII-th International Conference "The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics (CADSM-2015)". - Polyana-Svalyava (Zakarpattya), Ukraine. - 2015. – P.168-171.
3. Andrijchuk V.A. Modern Algorithms and Methods of the Person Biometric Identification / V.A.Andrijchuk, I.P.Kuritnyk, M.M.Kasyanchuk, M.P.Karpinski // Proceedings of the Third IEEE Workshop on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS-2005). – Sofia, Bulgaria. – 2005. – P.403–406.
4. Бородін О.І. Теорія чисел / О.І.Бородін. – К.: Вища школа, 1970. – 275 с.
5. Rajba T. Research of Time Characteristics of Search Methods of Inverse Element by the Module / T. Rajba, A. Klos-Witkowska, S. Ivasiev, I. Yakymenko, M. Kasianchuk // Proceedings of the 2017 IEEE 9<sup>th</sup> International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS-2017) – Bucharest, Romania. – V.1. – September, 2017. – P.82–85.
6. Касянчук М.М. Теорія та математичні закономірності досконалої форми системи залишкових класів / М.М.Касянчук // Праці Міжнародного симпозиуму „Питання оптимізації обчислень (ПОО–XXXV)”. Т.1. – Київ–Кацевелі.– 2009.– С. 306–310.
7. Касянчук М.М. Побудова трьохмодульної модифікованої досконалої форми системи залишкових класів на основі розв'язку квадратного рівняння / М.М.Касянчук // Інформатика та математичні методи в моделюванні. – 2016. – т.6, №1. – С. 19–25.



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

**УДК 624.012.25**

**В.М. Адамчук, П.В. Асафат**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**ДОСЛІДЖЕННЯ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ, ТРІЩИНІСТІЙКОСТІ ТА  
ДЕФОРМАТИВНОСТІ ЗГІНАЛЬНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК**

**V.M. Adamchuk, P.V. Asafat**

**RESEARCH OF LIFE DURABILITY, RESISTANCE TO FRAGMENTS AND  
DEFORMATIONS CONCRETE ELEMENTS**

В сучасному будівництві великий сектор займає реконструкція будівель і споруд. Досить часто в її рамках залізобетонні конструкції потребують підсилення або відновленню після пошкоджень. Одним із ефективних методів підсилення є використання композитних матеріалів на основі вуглепластиків у вигляді стрічок та полотен. Досліджень такого підсилення проведено дуже мало.

Вплив малоциклових навантажень на роботу залізобетонних конструкцій вивчали Є.М. Бабич, Р.М. Багаутдінов, А.Я. Барашиков, О.Я. Берг, О.П. Борисюк, М.О. Валовой, В.С. Дорофєєв, О.С. Залєсов, Н.І. Ільчук, Ю.О. Крусъ та ін. Здебільшого ці дослідження стосувались непідсилених конструкцій, і не досліджували роботу таких конструкцій після підсилення. В Україні питанням підсилення нормальних перерізів згинальних залізобетонних елементів композитними матеріалами за дії одноразових навантажень займалися В.Г. Кваша, І.В. Мельник, А.Я. Мурич, М.Д. Климпуш та ін. Проте їх дослідження не змогли охопити всю область застосування даного матеріалу та вивчити всі фактори, що на нього впливають. З метою встановлення дійсного напружено-деформованого стану похилих перерізів згинальних залізобетонних елементів, до та після їх підсилення вуглепластиковими матеріалами, та удосконалення методики їх розрахунку за дії на них одноразових та малоциклових навантажень, проведено дані дослідження [1]. В рамках досліджень виготовлено та випробувано 12 дослідних балок. Зразки армували таким чином, щоб запобігти виникненню нормальних тріщин і забезпечити мінімальне армування похилих перерізів. Після попереднього випробування дослідні зразки були підсилені за двома схемами: композитною стрічкою та полотном. У порівнянні із підсиленими зразками випробуваними одноразовим навантаженням несуча здатність та граничне експлуатаційне навантаження підсилених балок, що зазнали циклових впливів, практично у всіх випадках зросли на 1,5 – 7,5 %. Виключенням є балки БЦ1-2(П1), БЦ2-2(П1) та БЦ3-1(П1), в яких несуча здатність зросла у порівнянні із балкою БО-2(П1) на 27 – 40 %. Це пояснюється тим, що на час підсилення балки БО-2(П1) ширина її залишкової тріщини складала 0,2 мм, коли в інших балках ці тріщини були шириною 0,08 – 0,12 мм. Це і призвело до швидкого її виходу із стану придатності до експлуатації. При цьому несуча здатність даної балки практично не відрізняється від всіх інших. Зменшення несучої здатності зафіксовано лише у двох зразках: П1-Ц4 на 0,7 %, та у БЦ2-1(П2) на 1,7 %, що є незначним.

**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. ДБН В.2.6-98:2009 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. – 71 с.

УДК 624.014.078.45

М.А. Басара

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ВПЛИВ КОНСТРУКЦІЇ ВУЗЛІВ НА РОЗПОДІЛ НАПРУЖЕНЬ ВЗДОВЖ НИЖНЬОГО ПОЯСУ ЗВАРНИХ ФЕРМ

М.А. Basara

### NODES CONSTRUCTIONAL IMPACT ON STRESS DISTRIBUTION ALONG LOWER CHORD OF WELDED TRUSSES

Досліджено розподіл напружень вздовж нижнього поясу для прямокутних підкрюквяних зварних ферм розмірами 4954 x 1596 мм з профільних труб 100x100x6 мм для поясів і 80x80x4 для розкосів у двох варіантів вузлових з'єднань: А – безфасонкові вузли (рис. 1); Б - з використанням фасонки, встановлених у наскрізні прорізи в поясах ферми (рис.2).



Рисунок 1. Ферма з безфасонковими вузлами

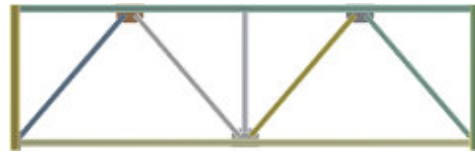


Рисунок 2. Ферма з фасонковими вузлами

Ферми встановлено на опори під крайніми вузлами нижнього поясу і навантажено зосередженим статичним навантаженням на центральний вузол верхнього поясу. Для комп'ютерного моделюючого експерименту використано програмний пакет ANSYS Workbench 17.1.

В процесі досліджень отримано розподіл напружень вздовж нижнього поясу для обох виконань ферм (рис. 3, 4).

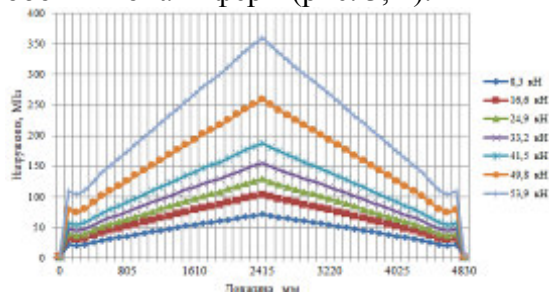


Рисунок 3. Діаграма напружень вздовж нижнього поясу для ферми з безфасонковими вузлами

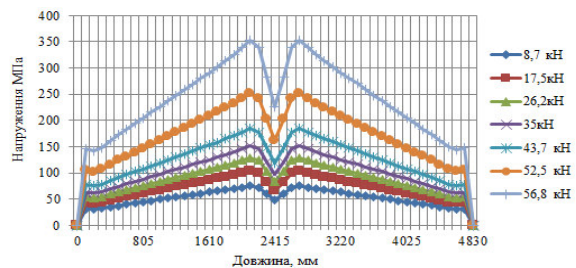


Рисунок 4. Діаграма напружень вздовж нижнього поясу для ферми з фасонковими вузлами

Проаналізувавши результати експерименту виявлено, що для ферми з безфасонковими вузлами напруження на рівні граничного стану в нижньому поясі настають при зовнішньому навантаженні в 53,9 кН, а для ферми з фасонковими вузлами – при 56,8 кН. Використання фасонкових вузлів знижує напруження в нижньому поясі досліджуваної ферми на 5,1% в порівнянні з фермами, що мають безфасонкові вузли.

#### Література

Ковальчук Я.О. Конструювання вузлів зварних ферм з використанням ПК ANSYS / Я. О.Ковальчук, Н.Я. Шингера, М.А.Басара //Вісник ТНТУ ім. Івана Пулюя. – 2017. № 1(85) – С. 47 –52.

УДК 624.012.25

Г.І. Борис, Т.В. Зуляк, О.А. Шимків

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### ДОСЛІДЖЕННЯ КУБОВОЇ МІЦНОСТІ КЕРАМЗИТОБЕТОНУ НЕРУЙНІВНИМИ МЕТОДАМИ КОНТРОЛЮ

G.I. Borys, T.V. Zuliak, O.A. Shymkiv

### RESEARCH OF CUBIC CLAYDITE-CONCRETE STRENGTH BY NON- DESTRUCTIVE METHODS OF CONTROL

Методи неруйнівного контролю міцності бетону використовуються при проведенні технічного огляду чи технічної експертизи бетонних та залізобетонних конструкцій, завдяки яким зберігається цілісність об'єкта, що контролюється. Найчастіше на практиці використовуються наступні методи неруйнівного контролю: метод ударного імпульсу (див. рис.1), ультразвуковий метод (див. рис.2), метод відриву зі сколюванням та ін. При використанні даних методів потрібно враховувати те, що безпосередньо вимірюваною величиною є не міцність бетону, а побічна характеристика: енергія удару кульки, швидкість ультразвукової хвилі, зусилля руйнування поверхні бетону при відриві від нього анкера тощо. Для визначення міцності бетону попередньо встановлюється градувальна залежність між міцністю бетону і побічною величиною (показом приладу). Градувальна залежність встановлюється за результатами випробувань зразків-кубів однакового складу та проектного віку, виготовлених із одного замісу бетону.

Найбільш поширеним серед непрямих методів неруйнівного контролю є ударно-імпульсний метод. Базується на кореляційній залежності параметрів ударного імпульсу від пружно-пластичних властивостей матеріалу.



Рисунок 1. Проведення дослідів методом ударного імпульсу приладом ИПС-МГ4.03

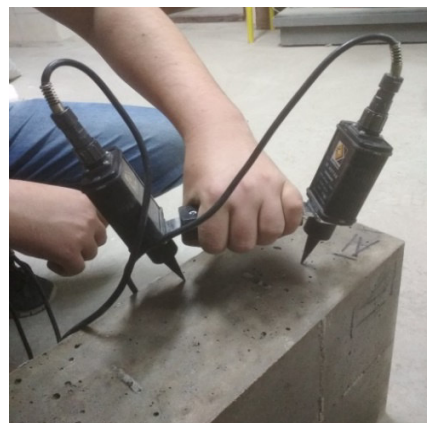


Рисунок 2. Проведення дослідів ультразвуковим методом приладом «Бетон-32»

Для реалізації даного методу використовується прилад ИПС-МГ4.01 та його модифікації. Вимірювач складається з перетворювача та електронного блоку. Перетворювач, у свою чергу – з корпусу, індентора (кульки), ударної пружини і датчика вимірювання прискорення – акселерометра. При ударній взаємодії індентора з поверхнею бетону перетворювач виробляє електричний імпульс, що фіксується електронним блоком. Результати вимірювання виводяться на дисплей вимірювача.

Ультразвуковий метод визначення міцності бетону базується на функціональній залежності між швидкістю проходження ультразвукових хвиль та міцністю бетону. Може проводитися двома способами: поверхневим і наскрізним. При поверхневому способі датчик розташовуються на одній стороні зразка чи конструкції, при

наскрізному – на протилежних. Для реалізації даного методу використовується прилади УКБ-1, УК-16П, «Бетон-32» та ін.

Метод відриву зі сколюванням базується в реєстрації напруження необхідного для місцевого руйнування поверхні бетону при вириванні з нього анкерного пристрою. Кубову міцність бетону на стиск визначають по градувальній залежності за формулою:

$$R = m_1 m_2 P,$$

де  $m_1$  – коефіцієнт, що враховує максимальний розмір фракції заповнювача;

$m_2$  – коефіцієнт пропорційності;

$P$  – зусилля вириву анкерного пристрою.

Враховуючи все вище перелічене, було розроблено методику експериментальних досліджень міцності легкого бетону – керамзитобетону – методами неруйнівного контролю. Було виготовлено три серії зразків з легкого бетону класу С5/8, С12/15, С18/22,5. Кожна серія складалася з шести кубів розмірами граней 150×150×150 мм та залізобетонної плити розмірами 150×300×450 мм виготовлених із одного замісу бетону. Залізобетонні плити конструктивно армували просторовим каркасом з дроту Ø4 Вр-І. Після виготовлення куби та плити маркувалися. Підготовлені зразки досліджувалися методом ударного імпульсу та ультразвуковим методом у віці 7, 14 та 28 діб. Залізобетонні плити додатково досліджувалися приладом ПОС-5МГ 4.0 (див. рис.3,а) методом відриву зі сколюванням (див. рис.3,б).



а)



б)

Рисунок 3. Проведення дослідів приладом ПОС-5МГ 4.0:

а) – загальний вигляд приладу; б) руйнування керамзитобетону та утворення тріщин

Для контролю результатів досліджень, отриманих методами неруйнівного контролю та встановлення фактичної міцності бетону планується дослідження кубів на пресі П-250 на стиск до їх повного руйнування.

На основі отриманих даних експериментальних досліджень планується встановити залежність зміни міцності бетону з віком. Побудувати індивідуальні градувальні залежності між міцністю бетону і непрямою величиною (показом приладу).

#### **Література**

1. ДСТУ Б В.2.7-223:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за зразками, відібраними з конструкцій. – ДП НДІБК, К. Мінрегіонбуд України, 2010. – 16 с.

2. ДСТУ Б В.2.7-220:2009 Будівельні матеріали Бетони. Визначення міцності механічними методами неруйнівного контролю. – ДП НДІБК, К. Мінрегіонбуд України, 2010. – 20 с.

УДК 624.012

А.В. Бучинський

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ БЕТОНУ НЕРУЙНІВНИМИ МЕТОДАМИ КОНТРОЛЮ

A.V. Buchinsky

### RESEARCH OF CONCRETE STRENGTH WITH NON-DESTRUCTIVE CONTROL METHODS

На даний момент в Україні спостерігається тенденція до збільшення об'ємів реконструктивних робіт та монолітного будівництва. Для визначення необхідності підсилення існуючих будівель слід провести обстеження та надати якісну оцінку конструкцій. Застосування неруйнівних методів контролю, дають нам змогу визначити міцнісні характеристики бетону існуючих конструкцій. Так за допомогою неруйнівного контролю можна визначити міцнісні характеристики бетону як на стадії виготовлення залізобетонної конструкції без її пошкодження, так і контролювати їх зміну в процесі експлуатації.

Метою даних експериментально-теоретичних досліджень є порівняння кубикової міцності бетону досліджуваних зразків та побудова залежностей для оцінки міцності бетонних конструкцій різними приладами неруйнівного контролю. Проведено експериментальні дослідження трьох серій зразків з бетону класів С8/10, С16/20, С25/30.

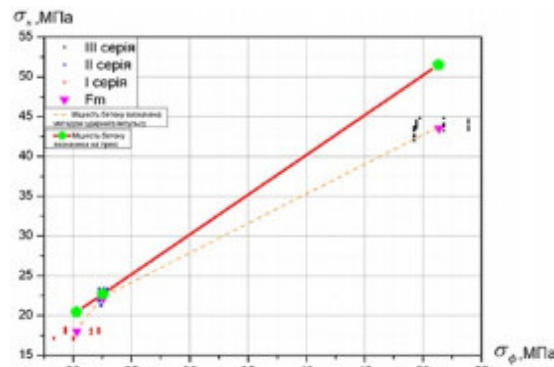


Рисунок 1. Графік відхилення показів приладів неруйнівного контролю від фактичної міцності бетону

Всі зразки досліджувались приладами неруйнівного контролю міцності бетону за ультразвуковим методом на приладі «Бетон-32», за методом ударного імпульсу приладом ИПС-МГ 4.03. Дослідження кубиків проводили у відповідності з нормами [1,2]. Після цього всі кубики були випробувані на пресі П-250 на стиск для встановлення їх фактичної міцності за методикою [3].

На основі поєднання неруйнівних і руйнівних методів при паралельних випробуваннях тих самих зразків бетону побудовано графік відхилення показів приладів неруйнівного контролю від фактичної міцності бетону (рис.1.), похибка становить близько 10%.

#### Література

1. ДСТУ Б В.2.7-220
2. ДСТУ Б В.2.7-226
3. ДСТУ Б В.2.7-214

**УДК 624.012.25**

**В.Б. Каспрук канд. техн. наук, доц., С.Ф.Гарбарчук**

Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ УТВОРЕННЯ ДЕФЕКТІВ У ЕЛЕМЕНТАХ ПЕРЕКРИТТІВ**

**V.B.Kaspruk Ph.D., Assoc. Prof., S.F. Garbarchuk**

### **STUDY THE FORMATION OF DEFECTS IN THE CEILING ELEMENTS**

Тривалість експлуатації будівель завжди була важливим питанням. Далеко не всі споруди нормально експлуатуються призначений їм термін. Часто їх конструкції, в результаті дії багатьох негативних чинників, перебувають в аварійному технічному стані або непридатні до подальшої нормальної експлуатації й потребують ремонту, який у більшості випадків пов'язаний з їх підсиленням.

На сьогодні в Україні великий відсоток будівель і споруд перебувають в аварійному технічному стані: одні через закінчення терміну своєї експлуатації, інші через збільшення експлуатаційних навантажень, на які вони не розраховані. Не менш важливою є проблема якості будівельних матеріалів та робіт, що виконуються на будівельному майданчику. Через їх невідповідність нормам, існують нові будівлі, які, ще не вступивши в експлуатацію, потребують ремонту.

Особливо актуальним є питання оперативного усунення локальних структурних пошкоджень в монолітних та збірних залізобетонних конструкціях: тріщин різної ширини розкриття, різного характеру та порядку раковин, виколів, розуцільнених зон, ділянок з підвищеною пористістю, поверхневих руйнувань захисного шару бетону, дефектів в макро- та мікроструктурі бетону, порушення герметизації стикових з'єднань між елементами конструкцій.

Підсилення будівельних конструкцій викликане необхідністю відновлення експлуатаційних якостей конструкції, усунення дефектів і пошкоджень, а також зміною технології і перепрофілюванням об'єктів. Вибір того або іншого методу підсилення конструкцій залежить від можливої зміни об'ємно планувального рішення, діючих навантажень і умов експлуатації. Випробування навантаженням будівельних конструкцій застосовується для перевірки забезпечення виробів необхідними показниками їх міцності, жорсткості та тріщиностійкості, передбаченими в проектній документації. Оцінка міцності, жорсткості та тріщиностійкості здійснюється за результатами випробувань на підставі співставлення фактичних значень руйнівного навантаження, прогину та ширини. Розрахунок бетонних і залізобетонних конструкцій по довговічності слід проводити з умови, за яким при заданих характеристиках конструкції (розміри, кількість арматури), показниках якості бетону (міцності, морозостійкості, водонепроникності, корозійної стійкості, температуростійкості) і арматури (міцності, корозійної стійкості) з урахуванням впливу навколишнього середовища тривалість міжремонтного періоду і терміну служби конструкцій будівлі або споруди повинна бути не менше встановленої для конкретних типів будівель і споруд. Розрахунки за граничними станами першої групи включають розрахунок по міцності; розрахунок по стійкості форми (для тонкостінних конструкцій); розрахунок по стійкості положення. Розрахунки за граничними станами другої групи включають розрахунок на утворення тріщин, розрахунок по розкриттю тріщин, розрахунок за деформаціями. Таким чином, пріоритетним напрямком в галузі досліджень і впровадження інноваційних проектів в будівництві необхідно вважати експериментальні дослідження будівельних матеріалів, виробів та конструкцій.

**УДК 624.151**

**В.О. Гибайло, Р.Ю. Кошеватий, О.В. Куделевич, Р.Є. Держерука, І.М. Підгурський**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ПРОГРАМНИХ КОМПЛЕКСІВ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ФУНДАМЕНТІВ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД**

**V.O. Hybailo, R.Yu. Koshevatiy, O.V. Kudelivych, R.Ye. Derzheruka, I.M. Pidgurskyi**  
**USAGE OF MODERN SOFTWARE COMPLEXES TO CALCULATE BUILDINGS  
AND STRUCTURES FOUNDATION**

Метою використання сучасних програмних комплексів є можливість проектування та розрахунків фундаментів будь-якої складності.

За допомогою цих систем робота є більш досконалою, детальнішою та дозволяє проводити розрахунки в якнайкоротші терміни. Одним з найважливіших показників якості будівельної продукції є точність зведення будинків і споруд, що характеризує ступінь наближення дійсних параметрів об'єкта до заданого в проекті. До параметрів відносять основні характеристики взаємного положення конструкцій, частин або самих споруд (відстані, перевищення, кути, позначки, координати), розміри та форми елементів і конструкцій (довжина, ширина, висота, прямолінійність і неплосинність), а також характеристики виконання збірних конструкцій у місцях спряження елементів – вузлах (зазори, довжини обпирання, розбіжність поверхонь, невертикальність). Тому, з виникненням різноманітних систем розрахунку, технології будівництва стали більш чіткими та детальними. Особливу популярність у проектувальників здобули об'єктно-орієнтовані програми для перевірки елементів конструкцій на відповідність вимогам норм проектування: «ЛІРА-САПР», «ЗАПРОС», «ФУНДАМЕНТ» [1].

Система автоматизованого проектування і розрахунку будівельних конструкцій різного призначення «САПР ПК ЛІРА» включає [3]:

- Розвинене графічне середовище ЛІР-Візор користувача з можливістю 3D-візуалізації розрахункової схеми на всіх етапах синтезу і аналізу.
- Потужний багатофункціональний процесор, який реалізує швидкодіючі алгоритми складання і рішення систем рівнянь з порядком до декількох мільйонів невідомих.
- Можливість розрахунку на різні види динамічних впливів (сейсміка, вітер з урахуванням пульсації, вібраційні навантаження, імпульс, удар, сейсміка на основі акселерограм). Для сейсмічних впливів реалізовані вітчизняні та європейські норми.
- Конструювання залізобетонних і сталевих елементів відповідно вітчизняних норм, норм ЄС та США.
- Спеціалізований документатор, що дозволяє формувати звіт, що складається з текстової, табличної та графічної інформації з формуванням файлів для MS Office.
- Зв'язок з іншими розрахунковими, графічними та документуючими САПР комплексами (Revit Structure 2008/2009/2010, AutoCAD, ArchiCAD, Advance Steel, BoCAD, Allplan, STARK ES, Gmsh, MS Word, MS Excel, GLAZER та ін.) на основі DXF, MDB, STP, SLI, MSH, STL, OBJ, IFC та ін. файлів
- Можливість зміни мови (російська / англійська / французька) інтерфейсу та мови документування на будь-якому етапі роботи [3].

Програма «ЗАПРОС» [2] призначена для виконання розрахунків і перевірок елементів основ і фундаментів. Програма може виконувати наступні операції:

- визначення крену в плані фундаменту від діючих на нього навантажень;

- розрахунок основи за деформаціями в плані стовпчастих і стрічкових фундаментів, а також жорстких плит;
- визначення коефіцієнтів жорсткості основи, що складається зі скінченного числа шарів ґрунту, кожен з яких лінійно-деформується і є сталим за товщиною;
- обчислення граничного напруження під подошвою фундаменту (розрахункового опору ґрунту);
- визначення несучої здатності палі, що працює на вертикальне навантаження;
- визначення коефіцієнта запасу стійкості основи, мінімального і максимального згинального моменту і поперечної сили в перерізі палі, а також ряду інших характеристик палі;
- визначення осідання палі, що працює на вертикальне навантаження.
- розрахунок на визначення несучої здатності палі за результатами їх динамічних випробувань;
- визначення несучої здатності забивної висячої палі за результатами випробувань ґрунтів еталонною палею;
- визначення несучої здатності забивної висячої палі за результатами випробувань ґрунтів палею-зондом;
- визначення несучої здатності забивної висячої палі за результатами випробувань ґрунтів статичним зондуванням [2].

Спеціальна програма для розрахунку підземних конструкцій «ФУНДАМЕНТ» виконує розрахунок фундаментів на:

- осідання і крен фундаментів на природній основі;
- просідання, підйом і осідання при набуханні, суфозійне осідання;
- окремої палі на вертикальне навантаження, горизонтальне навантаження і момент;
- розрахунок балок на природній основі;
- розрахунок прямокутних плит на природній та штучній основі;
- розрахунок фундаментів під резервуари;
- розрахунок анкерних плит і фундаментів;
- розрахунок колодязів різного перерізу в плані;
- розрахунок труб і тунелів різної форми;
- розрахунок фундаментів, підпірних стін і палі в умовах вічної мерзлоти [3].

Використання сучасних програмних комплексів дозволяє суттєво пришвидшити розрахунки завдяки використанню вбудованих стандартів і функцій.

### **Література**

1. Городецкий А.С., Евзеров И.Д. Компьютерные модели конструкций.– Киев: Изд-во «Факт», 2005. – 344 с.
2. URL: <https://scadsoft.com/products/zapros>
3. URL: [http://bf.lntu.edu.ua/attachments/article/213/%D0%92%D0%B8%D0%BF%D1%83%D1%81%D0%BA\\_4\\_%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80\\_001-098.pdf](http://bf.lntu.edu.ua/attachments/article/213/%D0%92%D0%B8%D0%BF%D1%83%D1%81%D0%BA_4_%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80_001-098.pdf)



УДК 624.151.

О.А. Гика

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### ПОРІВНЯННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ТА АНАЛІТИЧНОГО РОЗРАХУНКУ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ БУРОНАБИВНИХ ПАЛІ

О.А. Нука

#### COMPARISON OF THE RESULTS OF EXPERIMENTAL AND ANALYTICAL CALCULATION OF CARRYING CAPACITY OF BORED PILES

Досліджено буронабивну залізобетону палю з поширеною п'ятою для визначення несучої здатності

Мета роботи – порівняння результатів аналітичного розрахунку та експериментальних даних випробування, визначення реальної несучої здатності палі з розширеною п'ятою та експериментальної перевірки її несучої здатності і деформативності ґрунтів основи. Дослідження виконано напівнатурним експериментом на зразках отриманих за вимогами фізичного моделювання.

Аналітичний розрахунок несучої здатності палі визначено за формулою:

$$F_d = \gamma_c (\gamma_{cr} \times R \times A + u \sum \gamma_{cf} \times f_i \times h_i) \quad (1)$$

Випробування палі проведено монотонним способом ступінчасто зростаючим навантаженням. Величина ступені навантаження приймалась 20 кН згідно до вимог [1] рівною 1/10 величини граничного передбачуваного програмою досліджень навантаження 200 кН.

Осідання палі вимірювалось двома прогиномірами системи Аістова, розташованими у двох діаметрально протилежних точках перерізу в верхньому кінці палі.

Отримані результати натурних експериментальних досліджень наведено у таблиці.

Навантаження	Покази манометра	Час	П-1	П-2	П-3	П-4
			показ	осідання	показ	осідання
т	поділ.	год	поділ	мм	поділ	мм
0	0	19-25	694	0	872	0
2	3,2	19-40	694	0	872	0
0	0	19-50	694	0	872	0
2	3,2	19-55	695	0,1	872	0
2	3,2	20-10	695	0,1	872	0

Крім того виявлено, реальна несуча здатність буронабивної залізобетонної палі з розширеною п'ятою становить 171,3 кН, а допустиме навантаження згідно аналітичних розрахунків складає 158,2 кН.

Таким чином встановлено, що реальна несуча здатність палі більша від розрахункової на 8,3%.

#### Література

1. ДБН В.2.1-10-2009: Об'єкти будівництва та промислова продукція будівельного призначення. Основи та фундаменти будинків і споруд. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 104 с. – Чинний від 01.07.2009.

УДК 621.326

**Н. Громосяк, А.-М. Дзюбак, Я.О. Ковальчук канд. техн. наук, доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### **ЗАЛЕЖНІСТЬ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ ОБЛИЦЮВАЛЬНОЇ ПУСТОТІЛОЇ КЕРАМІЧНОЇ ЦЕГЛИ ВІД ЗМІНИ ВОЛОГОСТІ**

**N. Hromosiak, A.-M. Dzuibak, Y.O. Kovalchuk, Ph.D, Assoc. Prof**

### **DEPENDENCE OF THERMAL CONDUCTIVITY OF FACING HOLLOW CERAMIC BRICK FROM CHANGING OF HUMIDITY**

Метою роботи є виявлення залежності теплопровідності облицювальної пустотілої керамічної цегли від зміни вологості. Для проведення експериментальних досліджень використано 5 цеглин виробництва Стрийського цегельного заводу.

Задля визначення коефіцієнту теплопровідності будівельних матеріалів, дослідження проведені на експериментальній установці за методом плоского шару. Значення вологості зразка за масою ( $\omega_m = 0,7\%$ ) отримано примусовим змочуванням водою масою ( $m_b - m_c = 0,017\text{кг}$ ) попередньо висушеного зразка до припинення втрати маси.



Рисунок 1. Облицювальна пустотіла керамічна цегла

Коефіцієнт теплопровідності дослідного зразка  $\lambda$  визначали за залежністю

$$\lambda = q \frac{\delta}{(t_1 - t_2)} \text{ Вт/(м К)}, \text{ де } q = \frac{\lambda^4}{\delta} (t_1^3 - t_2^3) \text{ Вт/м}^2$$

де  $\lambda^4$  - коефіцієнт теплопровідності зразка (висушеної цегли), Вт/(м К);  $\delta$  - товщина зразка, (м);  $(t_1^3 - t_2^3)$  - різниця температур нижнього і верхнього температурного

вимірювача. Термічний опір зразка визначають за залежністю  $R_k = \frac{\delta}{\lambda}$ , м<sup>2</sup>·град/Вт

Таб. 1 Теплотехнічні характеристики облицювальної пустотілої керамічної цегли

$\omega_m, \%$	$\tau_{si}, ^\circ\text{C}$	$\tau_{se}, ^\circ\text{C}$	$\Delta\tau, ^\circ\text{C}$	$q, \text{Вт/м}^2$	$\lambda, \text{Вт/м}\cdot^\circ\text{C}$	$Rk, \text{м}^2\cdot\text{град/Вт}$
0,7	37,5	18,0	19,5	50,1	0,382	0,314

За результатами оцінювання отриманих теплотехнічних характеристик виявлено, що порожнечі в цеглі підвищують її теплоізоляційні властивості в порівнянні з суцільною цеглою (коефіцієнт теплопровідності зменшується, а термічний опір зразка зростає).

#### **Література**

1. Експериментальний пошук шляхів визначення теплотехнічних властивостей одиночних керамічних виробів / В.В. Шульгін, Т.С. Кугаєвська, О.М. Гнатко, Є.М. Покрасенко // Науковий вісник будівництва № 64. – Харків: ХДТУБА, 2011.– С.325

УДК 539.3

О.В. Дивдик, Н.С.Луцик

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## МОДЕЛЮВАННЯ ЕФЕКТУ ПАМ'ЯТІ ФОРМИ МЕТОДОМ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ

O.V. Dyvdyk, N. S. Lutsyk

### MODELING SHAPE MEMORY ALLOYS OF FINITE ELEMENT METHOD

Сплав з пам'яттю форми (СПФ) – це металевий сплав, який «запам'ятовує» свою початкову форму. Після циклів навантаження і розвантаження СПФ може відновити свою (недеформівну) форму через теплові цикли. Ефект пам'яті форми базується на 3-D термомеханічній моделі для фазових перетворень, представлених в [1-3]. Ефект пам'яті форми проявляється в сплавах, що характеризуються двома фазовими перетвореннями, а саме вихідної мартенситної фази, де є температури  $M_s$  і  $M_f$ , що відповідають початку і закінченню мартенситного перетворення при низькій температурі і аустенітній фазі з температурами початку  $A_s$  і закінчення  $A_f$  фазового перетворення при високій температурі. Без навантаження при низькій температурі мартенсит перебуває у фазі двійникування, що після застосування механічного навантаження переходить у фазу переорієнтації і змінює свою макроскопічну структуру.

Характеристики механічних властивостей СПФ нікель-титанового сплаву Ni-Ti (Ni-55,8%, Ti-44,2%), які отримані експериментально подані у таблиці табл. 1 [4] та характеристики фази аустеніту для ефекту пам'яті форми (табл. 1) [5].

Таблиця 1. Фізико-механічні та характеристики ефекту пам'яті форми

Фізичні-механічні характеристики	
Модуль пружності аустеніту $E_A$	52700 МПа
Коефіцієнт Пуассона	0,36
Густина матеріалу	6,45 г/см <sup>3</sup>
Характеристики ефекту пам'яті форми	
Матеріальний параметр, пов'язаний із зміцненням	500 МПа
Температура прямого фазового перетворення $M_f$	23°C
Температура зворотного фазового перетворення $A_f$	120 МПа
Межа пружності матеріалу	120 МПа
Параметр температурного масштабування	8,3 МПа/С
Максимальна деформація трансформації	0,07 мм/мм
Модуль пружності мартенситу $E_M$	45000 МПа

Моделювання Ni-Ti сплаву виконано методом скінчених елементів за допомогою прикладного програмного пакету Ansys Workbench [5]. Змодельований ефект пам'яті форми циліндричного зразка з нікель-титанового сплаву діаметром  $d=1,5$  мм і довжиною  $L=30$  мм під дією прикладеної сили. Зразок був жорстко закріплений в точці В з прикладеним навантаженням в точці А вздовж осі Х (рис. 1). Проведена дискретизація зразку скінченим елементом Solid186 (рис. 2). Загальна кількість скінчених елементів становить - 2276, вузлів – 459, розмір одного скінченого елемента становить – 0,6 мм.



Рисунок 1. Прикладена сила А і закріплення В



Рисунок 2. Скінченноелементна 3-D модель

Весь етап моделювання задавався в 2 кроки і 50 підкроками в одному кроці. Перший крок - прикладання сили до зразка  $F = 9$  Н в точці А по осі Х в холодному стані при температурі  $23^{\circ}\text{C}$ . Другий крок – нагрівання зразка до температури  $100^{\circ}\text{C}$  з розвантаженням до  $0^{\circ}\text{C}$ . В результаті вигину зразка силою на 1 кроці отримана максимальна деформація зразка  $0,0743$  мм/мм (рис. 3). Після нагрівання зразка на 2 кроці відбулось його відновлення до початкової недеформованої форми (рис. 4).

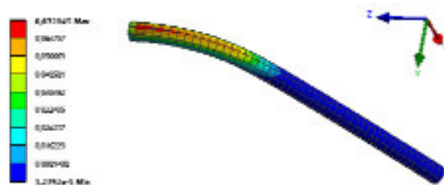


Рисунок 3. Деформована 3-D модель  
 $T = 23^{\circ}\text{C}$ ,  $F = 9$  Н

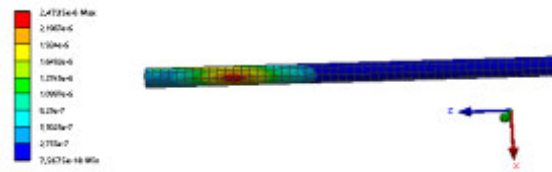


Рисунок 4. 3-D модель після зворотного фазового перетворення  
 $T = 100^{\circ}\text{C}$ ,  $F = 0$  Н

Отримані значення напружень від деформацій при нагріванні показані на рисунку 5. Залежність зміни деформації при нагріванні температурою  $T = 100^{\circ}\text{C}$  показана на рисунку 6.

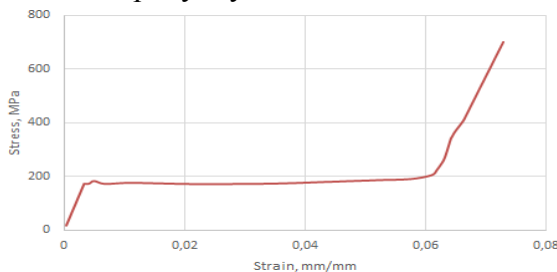


Рисунок 5. Залежність напруження від деформацій при  $23^{\circ}\text{C}$

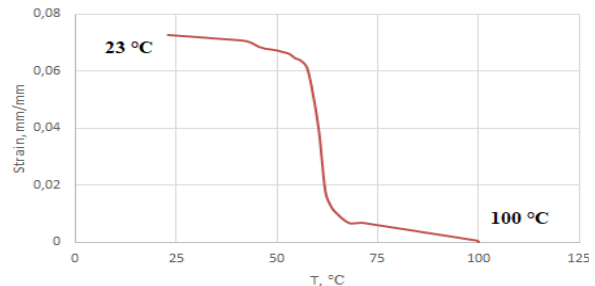


Рисунок 6. Залежність деформацій від температури при нагріванні

### Література

1. Souza, A. C., E. N. Mamiya, N. Zouain. "Three-Dimensional Model for Solids Undergoing Stress-Induced Phase Transformations." *European Journal of Mechanics-A/Solids*. 17, 1998, pp. 789-806.
2. Auricchio, F., R. L. Taylor, J. Lubliner. "Shape-Memory Alloys: Macromodeling and Numerical Simulations of the Superelastic Behavior." *Computational Methods in Applied Mechanical Engineering*. 146, 1 1997, pp. 281-312.
3. Auricchio, F., L. Petrini. "Improvements and Algorithmical Considerations on a Recent Three-Dimensional Model Describing Stress-Induced Solid Phase Transformations." *International Journal for Numerical Methods in Engineering*. 55, 2005, pp. 1255-1284.
4. В. Ясній, Р. Юнга. Фазові перетворення та механічні властивості сплаву нітинол з пам'яттю форми // *Фізико-хімічна механіка матеріалів*. — 2018. №3. — С. 107–111.
5. ANSYS, 2013, SAS IP, Inc., Ansys Help System, Mechanical APDL.

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 МІЦНОСТІ ТА ДОВГОВІЧНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ НЕЙРОННИМИ МЕРЕЖАМИ**

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

### **EVALUATION OF STRUCTURAL ELEMENTS STRENGTH AND DURABILITY BY NEURAL NETWORK**

Руйнування інженерних конструкцій відбувається з різних причин, зокрема, внаслідок умов навколишнього середовища, тривалої дії повторно-змінних навантажень, високого рівня залишкових напружень, наявності технологічних дефектів. Тому дослідження втомних матеріалів є актуальною задачею механіки руйнування.

Тріщина поглиблюється за кожний цикл зміни навантаження, охоплює все більшу частину перерізу і, нарешті, ослаблює його настільки, що деталь руйнується. Прогнозування швидкості росту втомної тріщини (РВТ) важливе для оцінки міцності та довговічності елементів конструкцій. Нейронні мережі (НМ) – метод машинного навчання, котрим з великою точністю розв'язують таку задачу [1, 2].

Поведінку РВТ можна описати швидкістю  $da/dN$  та розмахом коефіцієнта інтенсивності напружень (КІН)  $\Delta K$ . Характеристична крива РВТ – залежність  $da/dN$  від  $\Delta K$ , де  $a$  – довжина тріщини, а  $N$  – кількість циклів. Швидкість РВТ визначають через деякі проміжки часу:

$$da / dN = \frac{\Delta a}{\Delta N}$$

На рис. 1 схематично зображено діаграму втомного руйнування (ДВР), побудовану у подвійних логарифмічних координатах  $\lg da/dN - \lg \Delta K$ . Вона має форму S-подібної кривої, обмеженої зліва розмахом порогового КІН  $\Delta K_{th}$ , а справа – розмахом критичного КІН  $\Delta K_{fc}$  (циклічною в'язкістю руйнування).

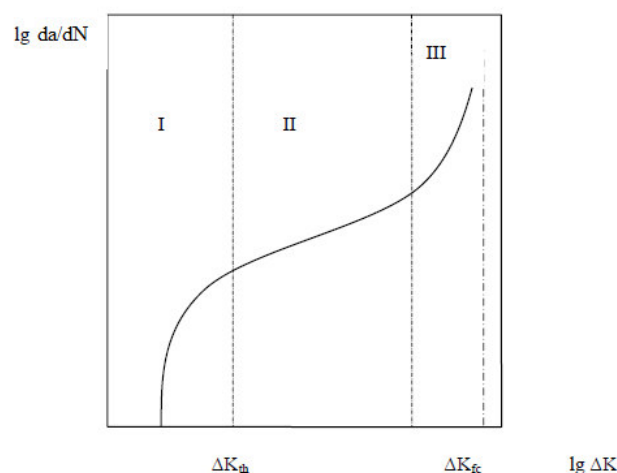


Рисунок 1. Діаграма втомного руйнування

Діаграма складається з трьох ділянок: ділянка I приблизно відповідає швидкості  $V \approx 10^{-10} \dots 10^{-8}$  м/цикл, на якій швидкість РВТ значно збільшується за незначної зміни  $\Delta K$ ,

ділянка II має вигляд прямої лінії і знаходиться в межах  $10^{-8} \dots 10^{-6}$  м/цикл, ділянка III характеризується прискоренням РВТ і відповідає значенням  $V > 10^{-6}$  м/цикл [3].

Швидкість РВТ прогнозують за допомогою НМ – системи взаємозв'язаних нейронів, які отримують інформацію, виконують над нею математичні дії та передають її іншим нейронам. НМ навчаються з учителем або без учителя. Під навчанням з учителем розуміють цільовий вихід, який відповідає певним вхідним сигналам. Його мета полягає в тому, щоб мінімізувати помилку сигналу внаслідок адаптації ваг нейронів. При навчанні без учителя потреба у цільових виходах відсутня.

Алгоритм НМ показано на рис. 2 [4]. Тут ДК є входом, а  $da/dN$  – виходом. Набір даних розділяють на дві частини – навчальну та тестову вибірки. Мережа навчається за допомогою набору даних до тих пір, доки не буде досягнуто мінімальної похибки. На тестовій вибірці перевіряють якість прогнозування.

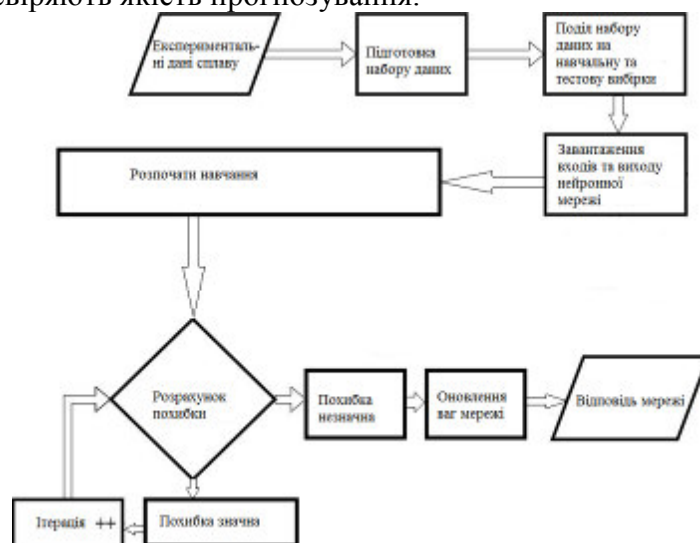


Рисунок 2. Алгоритм НМ [4]

За допомогою алгоритмів машинного навчання, зокрема НМ, досить добре прогнозують швидкість РВТ.

### Література

1. 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 Mat. Sci. and Surf. Eng. – 2009. – 1, № 3. – P. 133–138.
2. Pidaparti R. M. V. and Palakal M. Neural network approach to fatigue-crack-growth predictions under aircraft spectrum loadings // J. of Aircraft. – 1995. – № 4. – P. 825–831.
3. Механика разрушения и прочность материалов. Справочное пособие: 4 т./ Под общей ред. Панасюка В. В. Т.4: Усталость і циклическая трещиностойкость конструкционных материалов / Романив О.Н., Ярема С.Я., Никифорчин Г.Н. и др.- К.: Наукова думка, 1990. - 680 с.
4. H. B. Younis, K. Kamal, M. F. Sheikh, A. Hamza, T. Zafar. Prediction of Fatigue Crack Growth Rate in Aircraft Aluminum Alloys using Radial Basis Function Neural Network. Materials of Tenth International Conference on Advanced Computational Intelligence (ICACI), Xiamen, China, March 29–31, 2018. P. 825-830.

**УДК 624.012**

**Х.А. Духняк**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННОГО МІЖПОВЕРХОВОГО ПЕРЕКРИТТЯ**

**К.А. Dukhniak**

### **STUDY OF FERRO-CONCRETE INTERFLOOR OVERLAP**

Залізобетонні плити перекриття є важливою основою при зведенні багатопверхових житлових будинків, промислових будівель і громадських споруд. Плити перекриттів повинні витримувати значні навантаження, що створюються загальною вагою конструкції будівлі. Необхідність посилення залізобетонних конструкцій під час експлуатації виникає в ході реконструкції, з причини фізичного старіння конструкцій, спричиненого різноманітними факторами. В результаті цього впливу відбувається зниження їх експлуатаційних якостей. Відновлення та реконструкція таких будівель вимагає обстеження їх технічного стану. Оцінка технічного стану будівельних конструкцій представляється у визначенні ступеню пошкодження, категорії технічного стану і можливості їх подальшої експлуатації за функціональним призначенням. При виникненні дефектів в залізобетонних конструкціях необхідно провести їх заміну, або вирішити питання за допомогою посилення деяких елементів плитами перекриття. Серед дефектів це тріщини: поздовжні, поперечні, діагональні, незначний шар бетону для арматури, сліди корозії. Виникнення тріщин і дефектів викликано зниженням несучої здатності таких елементів. Особливо небезпечними вважаються поперечні тріщини.

Основні причини посилення перекриттів: зниження міцності наявних перекриттів та збільшення навантаження на них. Посилення плит перекриття, як правило, передбачає установку підтримуючих балок, що беруть на себе частину навантаження в процесі проведення робіт. Перед проведенням будь-яких робіт з посилення плит перекриття під них підставляють спеціальні підпори.

Перше, що потрібно зробити — це розвантажити плиту, коли на ній розташовані якісь важкі предмети. Потім над місцями пустот в плиті свердлять отвір. Найголовніше тут — це визначити розташування цих пустот і при роботі болгаркою не пошкодити арматуру. У отвори вставляється арматура. Дріт для арматури повинен бути того ж діаметру, що і дріт арматури в плиті. За допомогою дроту формується каркас. Після того, як дріт буде вставлено, отвори бетонують.

На бетонній поверхні плити робляться насічки, для посилення зчеплення з нарощували шаром, а паралельно до старих арматурних прутів в плиті, пробиваються штраби. Бетонувати потрібно відразу всю нарощувану площу. Перерви не допускаються, так як бетон повинен згодом представляти собою суцільну плиту, застигнувши одночасно по всьому об'єму. При укладанні бетонної суміші особливу увагу потрібно приділяти штрафам з арматурою. Ці місця повинні бути повністю заповнені бетоном і утрамбовані.

За результатами досліджень можна зробити висновок про те, що цей спосіб посилення має важливу перевагу перед іншими, як можливість підвищення тепло і звукоізоляційних властивостей самої плити. При цьому на поверхню старої плити встановлюють арматурний каркас і жорстко пов'язують його зі старим, що знаходяться в плиті.

**УДК 691,328**

**В.Б. Каспрук канд. техн. наук, доц., П.І. Ільницький**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗАХИСНОГО ПОКРИТТЯ НА ВЛАСТИВОСТІ БЕТОНУ**

**V.B. Kaspruk Ph.D., Assoc. Prof, P.I. Ilnytskyi**

## **STUDY OF THE INFLUENCE OF PROTECTIVE COATINGS ON PROPERTIES OF CONCRETE**

У сучасному будівництві використовують різноманітні бетони на основі композицій, які істотно впливають на основні експлуатаційні характеристики бетонів, такі як морозостійкість, міцність і водонепроникність. Актуальнішим це питання є в умовах використання спеціальних бетонів, які використовують в різних галузях (наприклад, гідротехнічному будівництві, зведенні шляхопроводів), для забезпечення яких потрібний ретельніший підбір складових.

Первинний, тобто внутрішній, захист бетону від корозії та інших впливів здійснюється на стадії підготовки бетонної суміші. Один з найефективніших методів – хімічні модифікатори. Хімічні добавки, наприклад, на основі лігносульфонату, запобігають руйнування портландцементу під впливом сульфатів, підвищуючи корозійну стійкість структури.

Руйнування цементної основи зупиняється внесенням активних мінеральних добавок на основі аморфного кремнезему. Вони призводять до зменшення вмісту оксиду кальцію при затвердінні структури, що сприяє збільшенню міцності матеріалу. Застосування електролітичних добавок прискорює затвердіння бетонної суміші, нейтралізує оксиди та формує достатньо стійку структуру.

Вторинна, тобто зовнішня, захист використовується на стадії будівництва або при ремонті бетонних конструкцій. Існує гідроізоляція антифільтраційна й антикорозійна. Першу використовують від просочування вологи для приміщень під землею, за типом колодязів і шахт, а також від витоку технічних вод. Друга ж захищає від агресивних рідин, впливів зовнішнього середовища.

Добавка розчинного скла знижує проникність бетону, збільшує його стійкість по відношенню до агресивного середовища і підвищує захисні властивості бетону по відношенню до сталеві арматури в умовах дії агресивного середовища. Рідке скло відносної щільності 142 додають в бетон в кількості 3-5% ваги цементу.

Хоча збільшення щільності ефективніше знижує проникність бетону, ніж підвищення товщини захисного шару, тим не менше остання більш суттєво впливає на стан арматури в легкому бетоні, ніж у важкому. Зерна пористого заповнювача, що мають великі і сполучені між собою пори, сильно полегшують проникання вуглекислоти та інших агресивних речовин в глиб бетону, скорочуючи таким чином, ефективну товщину захисного шару. Комплексні добавки, що знижують водонепроникність, виробляють у вигляді порошоків, рідин або суспензій, які при перемішуванні зі свіжим бетоном знижують проникність витриманого бетону або надають затверділому бетоні гідрофобні властивості. Високі фізико-механічні властивості, підвищена адгезійна міцність до водо насиченого бетону та екологічна безпечність полімер цементних композиційних матеріалів обумовлюють перспективність їх застосування для відновлення та захисту бетонних споруд.



УДК 624.

Ю.І. Кіндрат, Я.О. Ковальчук, канд. техн. наук., доц.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя Україна

### ТРИМКІСТЬ ЗВАРНИХ ПІДКРОКВЯНИХ ФЕРМ ІЗ ТРУБЧАСТИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Y.I. Kindrat, Y.O. Kovalchuk, Ph.D., Assoc. Prof.

### RESISTANCE OF WELDER ROOD TRUSS FROM PIPE ELEMENTS

Актуальність теми зумовлена широким застосуванням зварних металевих будівельних конструкцій із трубчастих елементів, які за рахунок оптимальних техніко-економічних показників активно поширюються на будівельному ринку; необхідністю отримання нових ефективних конструктивних форм підкрюв'яної ферми з метою економії витрат сталі.

Метою дослідження є визначення та порівняння показників НДС в елементах зварної трубчастої ферми, а також встановити їх несучу здатність.

Дослідження виконано методом комп'ютерного моделюючого експерименту з використання прикладного програмного пакету ПК ЛІРА 10.4, і експериментальними методами. Були досліджені такі конструктивні рішення вузлів ферми: традиційне(а), з безпосереднім примиканням розкосів до поясу і розроблене(б):

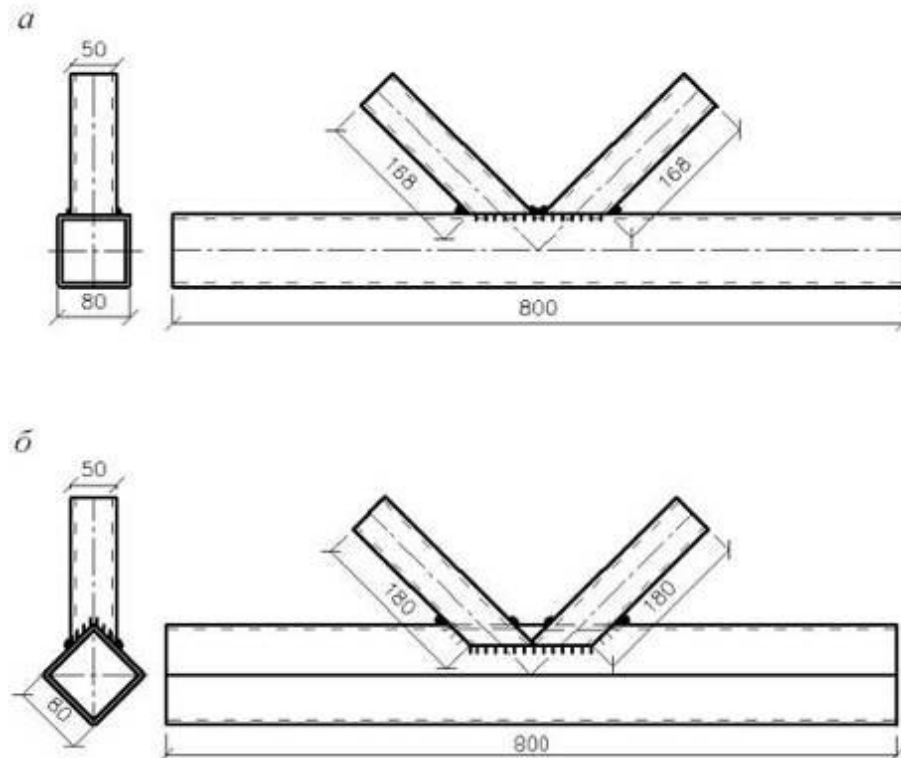


Рисунок 1. Конструктивне рішення вузлових з'єднань трубчастих елементів ферми: а - традиційне рішення, б - розроблене рішення

Аналіз результатів численних досліджень вузлів дозволив виявити місця концентрації напружень (рис. 2) в поясі, які розташовуються в перерізі під п'ятами розкосів, і безпосередньо в місці примикання розкосів до поясу.

Деформації поперечного перерізу пояса розробленого вузла значно менше. Напруги розподілені по довжині пояса без істотних сплесків. У типовому вузлі під розкосами на епюрах є різкі скачки, які свідчать про високу концентрацію напружень

Експериментальні дослідження проводилися на спеціалізованому стенді, що дозволяє моделювати роботу вузла. Навантаження здійснювалося згідно з розрахунковою схемою ступенями, рівними 20% від розрахункового навантаження, з витримкою на кожному ступені для зняття показань. Випробування проводилися до вичерпання несучої здатності вузлів.

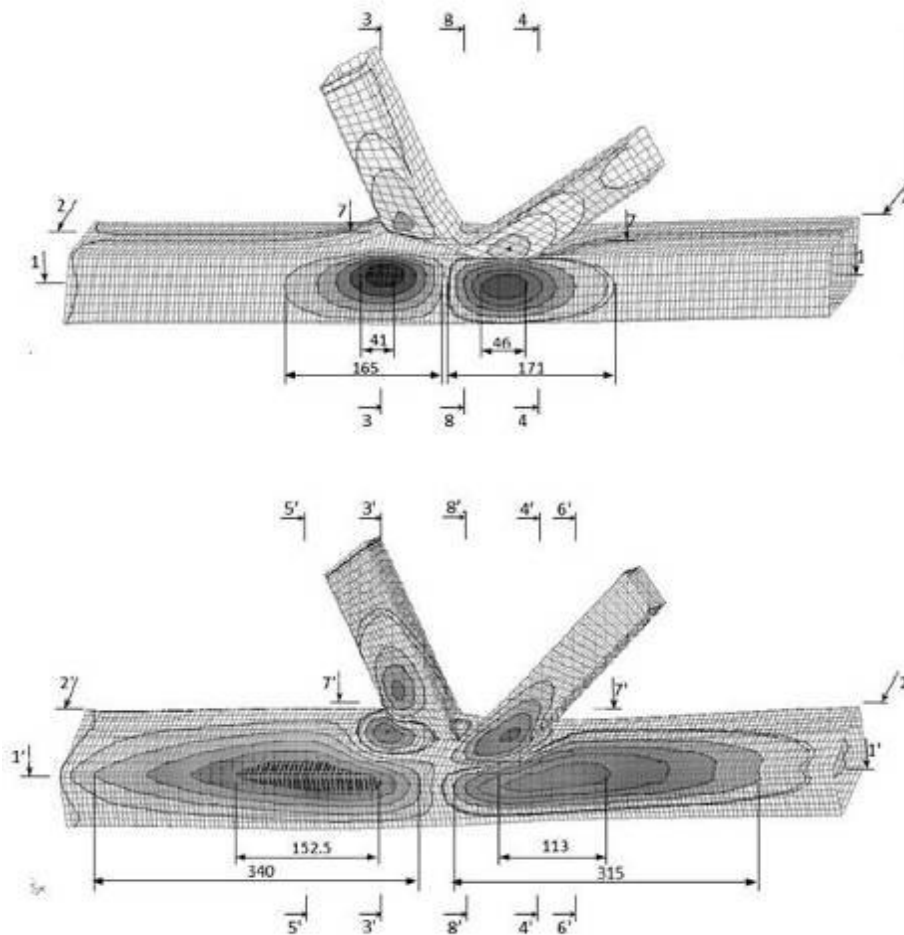


Рисунок 2. Схеми деформування вузлів: 1 – традиційний, 2 – розроблений.

Висновок: Розроблений рішення має малу деформативність і підвищений резерв несучої здатності. Несуча здатність типового і розробленого рішень становить 67 і 102 кН відповідно. Таким чином, несуча здатність останнього більше в 1,52 рази.

### **Література**

1. Зінькова В.А., Солодов Н.В. «ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ВУЗЛІВ ТРУБЧАСТИХ ФЕРМ». Сучасні проблеми науки та освіти. - 2013. - № 6 .

**УДК 629.76**

**О.М. Князев**

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Україна

## **КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ У РАКЕТОБУДУВАННІ**

**О.М. Kniazev**

### **COMPOSITE MATERIALS IN ROCKET BUILDING**

З найдавніших часів було відомо, те, що малі добавки волокна значно збільшують міцність і в'язкість крихких матеріалів. Один зі найстародавніших описів виготовлення композиційного матеріалу приводиться в Старому Заповіті: за часів єгипетського рабства євреї додавали соломі в цеглу, щоб вони були міцніші і не розтріскувалися при сушці на спекотному сонці. Пройшовши через століття композиційні матеріали створили прорив у сучасному ракетобудуванні, завдяки своїм властивостям, таким як: низька маса, підвищена жорсткість і міцність, вища надійність у порівнянні з металевими сплавами. Метою даної роботи є аналіз існуючих композитів, та вибір матеріалу для конструкцій обтічників ракет носіїв, які працюють у умовах космічного простору.

Композиційні матеріали (композити) – багатокомпонентні матеріали, що складаються з пластичної основи (матриці), армованої наповнювачами, що мають високу міцність, жорсткість та ін. Поєднання різнорідних речовин приводить до створення нового матеріалу, властивості якого відрізняються від властивостей кожної з його складових. Варіюючи склад матриці і наповнювача, їх співвідношення, орієнтацію наповнювача, отримують широкий спектр матеріалів з необхідним набором властивостей. Використання композитів зазвичай дозволяє зменшити масу конструкції та підвищити корозійну стійкість при збереженні або поліпшенні її механічних характеристик, що має велике значення у ракетобудуванні. Відомі багатокомпонентні композиційні матеріали – поліматричні (в одному матеріалі поєднують декілька матриць) та гібридних (включають різні наповнювачі). Зараз у важкій промисловості поширеними є композити з полімерною матрицею, використання яких дає значний економічний ефект. Наприклад, використання ПКМ при виробництві ракетно-космічної і авіаційної техніки дозволяє зменшити на 5-30% вагу літального апарату. А зниження ваги, наприклад, штучного супутника на навколоразовій орбіті на 1 кг приводить до економії 1000\$.

При виготовленні виробів ракетно-космічної техніки, поширені ПКМ типу: вуглепластики, органіпластики, склопластики та боропластики.

Вуглепластики – композиційні матеріали, в яких вуглецеві волокна. Вуглецеві волокна отримують з синтетичних і природних волокон на основі целюлози, сополімерів акрилонітрилу, нафтових і кам'яновугільних пеків і т.д. На основі вуглецевих волокон і вуглецевої матриці створюють композиційні вуглеграфітові матеріали – найбільш термостійкі композиційні матеріали (вуглевуглепластики), здатні довго витримувати в інертних або відновних середовищах температури до 3000° С.

Переваги: низька щільність і вищий модуль пружності порівняно з склопластиками, дуже легкі і, в той же час, міцні матеріали.

Застосування: Використовуються у авіації, ракетобудуванні, машинобудуванні, космічній техніці. З вуглеуглепластиків роблять вузли здатні витримувати великі температурні навантаження притаманні ракетній техніці і швидкісних літаків, гальмівні колодки і диски для швидкісних літаків і багаторазових космічних кораблів, електротермічне устаткування.

Органопластики – композити, в яких наповнювачами служать органічні синтетичні, рідше – природні і штучні волокна у вигляді джгутів, ниток, тканин, папери і так далі.

Переваги: Органопластики мають високу хімічну стійкість, низьку щільність, вони легше скло- і вуглепластиков, мають високу міцність при розтягуванні; високий 14 опір удару і динамічним навантаженням, але, в той же час, мають низьку міцність при стисненні і вигині

Застосування : Органопластики знаходять широке застосування в авто-, судо-, машинобудуванні, авіа- і космічній техніці, радіоелектроніці, хімічному машинобудуванні, виробництві спортивного інвентаря і т.д. Для деталей, які працюють у умовах агресивної космічної середі (радіації, космічної швидкості, низьких температур та інше.)

Боропластики – композити, що містять як наповнювач борні волокна, вставлені в термореактивну полімерну матрицю, при цьому волокна можуть бути як у вигляді монониток, так і у вигляді джгутів, обплетених допоміжною скляною ниткою або стрічкою, в якій борні нитки переплетені з іншими нитками.

Застосування боропластиков обмежується високою вартістю виробництва борних волокон, тому вони використовуються головним чином в авіаційній і космічній техніці в деталях, що піддаються тривалим навантаженням в умовах агресивного середовища.

Склопластики – ПКМ, армовані скляними волокнами, які формують з розплавленого неорганічного скла. Як матриця найчастіше застосовують як термореактивні синтетичні смоли та термопластичні полімери.

Зараз вироби с склопластику є найбільш дешевими та широко використовуються у виробництві обтікачів.

Проаналізувавши існуючі ПКМ для нанесення на зовнішнє подриття носової частини ракети обрано склопластик на фенольному сполучнику. Відсутність деформацій при низьких і високих температурах, міцність і стійкість до радіації та хімічного впливу роблять цей матеріал найбільш вдалим для оболонки обтікача.

### **Література**

1. Матеріали сучасної техніки та захист від руйнування : навчальний посібник / Ю. В. Борисенко. – К. : КНУТД, 2016. – 111 с.

2. Вашуков, Ю. А. Технология ракетных и аэрокосмических конструкций из композитных материалов [Электронный ресурс] Мультимедийный образовательный модуль / Ю.А. Вашуков Минобрнауки Росиии, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (Нац. исслед. ун-т). - Электрон. текстовые и граф. Дан. (3766 Кбайт, печатный аналог 185 с.). - Самара, 2012.

3. И.М. Буланов, В.В. Воробей «Технология ракетных и аэрокосмических конструкций из композиционных материалов» Посібник для вузів. - Москва: МГТУ ім. Баумана, 1998. - 516 с. з іл.

4. Технология изготовления обтекателей из композиционных материалов / В.В. Василенко, Я.С. Карпов, С.П. Кривенда, М.Ю. Русин, М.А. Шевцова. – Учеб. пособие. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2005. - 48

УДК 539.8+624.01

<sup>1</sup>М.Б. Колісник, <sup>2</sup>Л. Собашек, <sup>1</sup>В.П. Ясній докт. філ.

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

<sup>2</sup>Institute of Technological Systems of Information, Lublin University of Technology, Poland

## ОБГРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ СПФ СПЛАВІВ У ДЕМПФУЮЧИХ ПРИБОРАХ

**M.B. Kolisnyk, Ł. Sobaszek, V.P. Iasnii, Ph.D., Assoc. Prof.**

### VERIFICATION OF USING THE SMA IN DAMPING DEVICES

У елементах конструкцій, які піддаються інтенсивній дії циклічних навантажень, все частіше виникає проблема з надійністю та міцністю при довготривалій експлуатації. Вирішити цю проблему можна за допомогою демпфуючих пристроїв з використанням у них сплавів з пам'яттю форми (СПФ), завдяки своїм функціональним властивостям [1,2]. При високих температурах сплави з пам'яттю форми мають первинну впорядковану фазу аустеніту, який при охолодженні переходить в менш впорядковану фазу мартенситу. Даний матеріал характеризується малими залишковими деформаціями, які представлені на графіку результатів випробувань Ni-Ti СПФ дроту діаметром 1,5 мм під дією повторно статичного навантаження розтягом та розвантаження. Зазвичай демпфери експлуатуються в конструкціях, що зазнають впливу вібрацій, коливань, резонансу та інших циклічних навантажень, що нейтралізуються завдяки ефекту псевдопружності і високої здатності до дисипації енергії [3].

Даний матеріал характеризується двома модулями пружності, що дозволяє використовувати сплав до 6% відносної деформації та до границі пружності = 450 МПа, без появи пластичних деформацій. З результатів випробувань дроту діаметром 1,5 мм з Ni-Ti сплаву під дією повторно статичного навантаження розтягом та розвантаження, були визначені величини модулів пружності  $E_1 = 4,739 \times 10^4$  МПа та  $E_2 = 3,648 \times 10^2$  МПа.

Таким чином, сплави з пам'яттю форми доцільно застосовувати в демпфуючих пристроях, які можуть бути використанні в будівельній чи машинобудівній галузі, для експлуатацій під дією вібрацій, коливань, резонансу та циклічних навантажень

#### Література

1. Р. Ясній, М. Колісник, О. Конончук, В. Ясній. Calculation of constructive parameters of SMA damper. Scientific Journal of the TNTU, Vol. 88, 2017, №4, Pages 7–15.

2. П. Ясній, М. Колісник, В. Ясній. Демпфуючий пристрій для транспортування довгомірних конструкцій. Патент на корисну модель № 127411 Україна МПК F16F 7/12; опубл. 25.07.2018, Бюл. № 14. 2018.

3. В. Ясній, Р. Юнга. Фазові перетворення та механічні властивості сплаву нітинол з пам'яттю форми. ФХММ, Том 54, №3, 2018, с. 107-111.

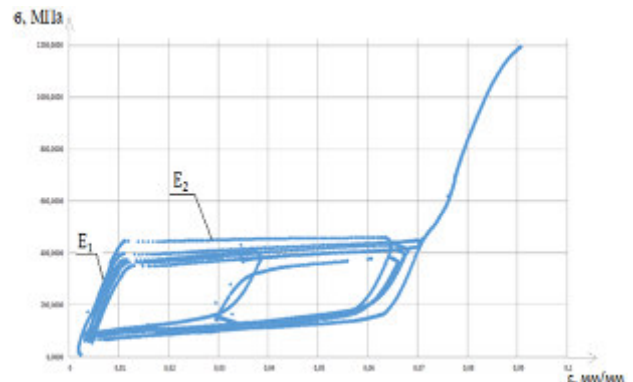


Рисунок 1. Діаграма деформування за повторно статичного навантаження розтягом та розвантаження дроту діаметром 1,5 мм з Ni-Ti сплаву

УДК 624.014.078.45

А.В. Коломій

Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя, Україна

## **ВПЛИВ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМІВНОГО СТАНУ У ВУЗЛАХ ЗВАРНИХ ФЕРМ НА ЇХ МАТЕРІАЛОМІСТКІСТЬ**

**A.V. Kolomii**

### **THE INFLUENCE OF A STRESSED-DEFORMED STATE IN THE HOLES OF THE WELDED TRUSES ON THEIR MATERIAL CONSUMPTION**

Досліджено підкровоквяну ферму розмірами 24000x3150 мм. з парних кутників, пояси з кутників розміром 100x100x7 та розкоси 75x75x5. Схема базування і навантаження ферми подана на рис. 1. Тип навантаження - статичні рівномірно розподілені величиною 22кН/м, що відповідають експлуатаційному режиму для ферми.

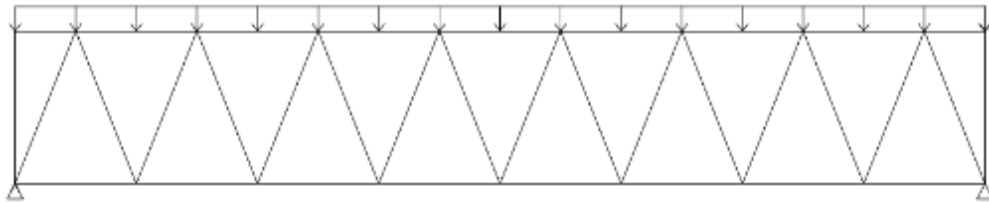


Рисунок 1 Схема навантаження ферми

За результатами комп'ютерного моделювання ферми без фасонки підібрано розміри профілів для поясів (кутники 100x100x7, 63x63x5) і розкосів (кутники 20x20x4, 35x35x4, 50x50x4, 60x60x5, 75x75x5). Виявлено, що максимальні напруження формуються у вузлах, а решта конструктивних елементів ферми недовантажені. Для зменшення матеріаломісткості ферми запропоновано використати фасонки і зменшити поперечний переріз в поясах і розкосах. Використано 2 типи фасонки - прямокутну стандартну і двоелементну власної конструкції (рис.2).

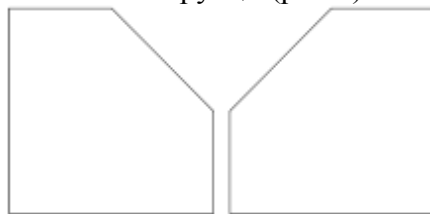


Рисунок 2 Двоелементна фасонка

За результатами моделювання поведінки ферми при дії експлуатаційних навантажень виявлено, що застосування прямокутної фасонки дає можливість знизити матеріаломісткість ферми на 7,8%, а фасонки власної конструкції на 8,1%. Зниження матеріаломісткості досягається за рахунок застосування стержнів з меншим поперечним перерізом. При цьому зберігається несуча здатність конструкції.

#### **Література**

1. 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.

2. Ковальчук Я. О. Особливості статистичного дослідження зварних навантажених ферм / Я. О. Ковальчук, Н. Я. Шингера // Вісник ТДТУ ім. Івана Пулюя. – 2009. – №1. – С. 23 – 27.

УДК 624.012.25

С.А.Лебіщак

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ОПТИМІЗАЦІЯ МАТЕРІАЛОМІСТКОСТІ ЗВАРНОЇ КРОКВЯНОЇ ФЕРМИ

S.A. Lebishchak

### OPTIMISATION OF MATERIAL THICKNESS OF A WELDED ROOF TRUSS

Виконано дослідження зварної кроквяної ферми з паралельними поясами 30х3,15м (рис.1), яка використовується для дахової конструкції виробничих приміщень. Для реалізації цієї конструкції використано стержні з різною формою і розмірами поперечних перерізів.

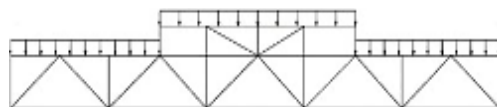


Рисунок 1. Конструктивна схема досліджуваної ферми

Для дослідження прийнято базування ферми по крайніх вузлах на нижньому поясові й навантаженням статичними рівномірно розподіленими зусиллями вздовж верхнього пояса ферми, що відповідає експлуатаційному режиму для цієї конструкції.

Метою дослідження є визначення таких конструктивних параметрів елементів ферми, які здатні забезпечити силовий експлуатаційний вплив на ферму при мінімальній матеріаломісткості конструкції.

Дослідження виконано комп'ютерним моделюючим експериментом з використанням ПК ЛИРА САПР.

За результатами дослідження визначено масу ферм з різним поперечним перерізом стержнів, які за міцністю і жорсткістю задовольняють експлуатаційні умови (табл. 1).

Таблиця 1 Маса ферм з різних стержнів

Профіль стержнів	Маса ферми, кг
Одиничний кутниковий	2917
Спарений кутниковий	2642
Гнуто-зварний профіль	2620
Труба	2901
Коробка зі швеллерів	3378

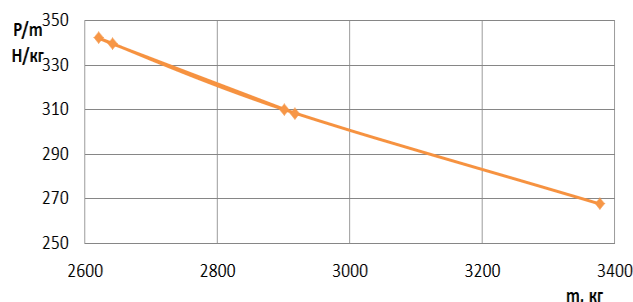


Рисунок 2. Зведені результати досліджень

На рис. 1 подано зведені результати досліджень для співвідношення між тримкістю ферми  $P$  (Н) і її масою  $m$  (кг) для конструктивних виконань ферми з різним поперечним перерізом стержнів.

За отриманими результатами очевидно, що ферма зігнуто-зварного профілю прямокутного перерізу здатна витримати експлуатаційне навантаження при мінімальній масі в порівнянні з іншими зразками.

#### Література.

1. Ковальчук Я. О. Моделювання поведінки зварної кроквяної ферми при розподілених навантаженнях / Я. О. Ковальчук, Н. Я. Шингера, О.І.Качка // Вісник ТНТУ ім. Івана Пулюя. – 2015. № 3(79)– С. 46 – 51.

**УДК 624.014**

**І.М. Підгурський, В.М. Антонюк, М.І. Москалик, І.І. Білоус, Т.І. Дячун**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМІВНОГО СТАНУ ТОНКОСТІННИХ  
КОНСТРУКЦІЙ З ГОФРОВАНИМИ СТІНКАМИ**

**I.M. Pidgurskyi, V.M. Antonyuk, M.I. Moskalyk, I.I. Bilous, T.I. Dyachun**

**SIMULATION OF THE STRESS-STRAIN STATE OF THIN-WALLED  
STRUCTURES WITH CORRUGATED WALLS**

У світовій практиці сталеві конструкції з хвилястими (гофрованими) стінками були запропоновані для використання ще в тридцятих роках ХХ століття, але лише у 80-ті роки вони знайшли практичне застосування [1]. Несучими елементами таких конструкцій є балки прямолінійного та аркового типу, тонкостінні гофровані листи.

Зокрема, конструкція балки з гофрованою стінкою має низку переваг у порівнянні зі звичайними двотавровими балками. Відзначається [2], що завдяки гофрованій стінці, конструкція ефективно сприймає згинальні навантаження, а її профільовані елементи більш стійкі до тривалого статичного навантаження (полиці сприймають згинальні моменти і нормальні навантаження, а гофровані стінки сприймають поперечні сили). Порівняння показало, що зварні двотаври з гофрованою стінкою економічніші за витратами сталі на 9-27%, ніж зварні двотаври з плоскою стінкою [1,2]. Економічна ефективність отримана за рахунок можливості зменшення стінки гофробалок. Проводилося моделювання балок з різною конфігурацією та геометрією гофрованої стінки за допомогою програмного комплексу AutoCAD 2016. Розрахунок максимальних нормальних та дотичних напружень, а також визначення форм втрати стійкості, виконувалось в розрахунковому програмному пакеті Ansys Workbench 14.5. Проведено розрахунок напружено-деформівного стану (НДС) балок з трикутним, прямокутним, трапецієвидним та синусоїдальним обрисом гофрування (для різних параметрів кроку та висоти). Зазначено, що синусоїдальний обрис стінки має найбільшу стійкість у порівнянні з іншими досліджуваними типами гофрування стінки [3]. Крім цього, перевагою синусоїдальної стінки перед плоскою є максимальне зменшення локальних деформацій на відміну від плоских пластин, для яких характерними є значні місцеві деформації. Проведено розрахунок зварних швів в зонах приєднання полиць до стінок. Розглянуто також НДС гофрованих балок зі змінним по довжині балки гофруванням. На основі результатів моделювання прийнято оригінальні конструкторсько-технологічні рішення проектування приопорних зон балок з гофрованою стінкою. Проаналізовано також НДС в зонах технологічних отворів, що знаходяться в зонах гофрованих стінок балок.

**Література**

1. С.Ф. Пічугін, В.П. Чичулін, К.В. Чичуліна, Б.В. Федоров Економічна доцільність використання нових типів легких балок із профільованою стінкою / Збірник наук. праць (галузеве маш-буд., будівництво). - Вип. 2 (30). - 2011.- ПолтНТУ. – С. 149-155.
2. Д.Д. Заборова, Ю.П. Дунаевская Преимущества и особенности применения гофро-балки в строительстве / Строит. уник. зданий и сооружений. 7 (22). 2014. – С. 36-44.
3. Підгурський М.І., Окіпний І.Б., Підгурський І.М., Якубишин О.М., Петровський Л.А., Солодкий В.М., Антонюк В.М. / Матеріали Між. наук.-тех. конф. “Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій”-Тернопіль, 2018. - С. 65.



**УДК 621.791:631.347.4**

**Ч.В. Пулька докт. техн. наук, В.С. Сенчишин, М.М. Верхогляд, А.Г. Нікітчук,  
С.К. Прут, Д.Ю. Суліковський**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА ТЕХНОЛОГІЯ НАПЛАВЛЕННЯ ТОНКИХ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ**

**Ch. V. Pulka, Dr., Prof., V.S. Senchyshyn, M.M. Verkhohlyad, A.G. Nikitchuk,  
S.K. Prut, D.Yu. Sulikovsky**

### **ENERGY EFFICIENT TECHNOLOGY OF THIN CONSTRUCTION ELEMENTS WELD FACING**

Процес індукційного наплавлення деталей з метою підвищення зносостійкості робочих поверхонь постійно вдосконалюються в напрямку розробок нових технологій по підвищенню продуктивності праці, економії електроенергії, покращенню якості наплавленого металу, створення спеціального обладнання для автоматизації процесів, а також покращення гігієнічних умов праці.

Розроблена авторами нова технологія і обладнання охоплює всі ці питання. Для порівняння існуючої і нової технології індукційного наплавлення ножів-гичкорізів були проведені дослідження на структуру наплавленого металу, твердість, деформацію, товщину наплавленого шару металу, продуктивність і економію електроенергії.

Виявлено, що по структурі спостерігались відмінності в основному по формі і характеру розподілу надлишкових карбідів в центральній зоні наплавленого металу. Твердість наплавлених зразків складала для наплавленого металу за існуючою технологією 51 HRC, а для розробленої відповідно 53 HRC. Стабільність товщини наплавленого металу за новою технологією підвищилась на 18%, а деформація ножів зменшилась настільки, що була виключена операція рихтування. Зносостійкість наплавленого металу за існуючою технологією становила 2,16 а за розробленою технологією відповідно 2,6. Підвищення стабільності товщини наплавленого шару і зменшення деформації ножів досягається за рахунок застосування розробленого двовиткового кільцевого індуктора, який концентрує електромагнітне поле в зоні наплавлення і оптимального режиму нагріву, які забезпечують швидке і рівномірне розплавлення шихти. Нагрівання деталі проходить симетрично в дуже вузькій зоні, за рахунок цього велика частина ножа не нагрівається, що перешкоджає його коробленню. Час наплавлення - одного ножа на генераторі ВЧГ-7-160/0,44 ВЧГЗ-100/0,44 складає біля 32с., що в 4-5 рази швидше існуючого процесу наплавлення. Витрата електроенергії при оптимальному режимі наплавлення зменшилась на 3 кВт/год. на 1-ну деталь, що складає для конкретного прикладу біля 20% економії електроенергії.

Для реалізації технології розроблено спеціальне обладнання, яке дозволяє повністю автоматизувати процес наплавлення, включаючи і екологічні питання.

#### **Література**

1. Пулька Ч.В. Підвищення довговічності деталей ґрунтообробних сільськогосподарських машин з використанням різних методів наплавлення / Ч.В. Пулька, В.С. Сенчишин, М.В. Шарик // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. ХПІ– 2018. – №13. – С. 76-90.

**УДК 624.012**

**В.Б. Равчак**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ГРАНИЧНИЙ СТАН АРКОВОЇ ФЕРМИ ПРИ ПОЖЕЖІ**

**V.B. Ravchak**

### **CRITICAL CONDITION OF ARCHED TRUSSES DURING FIRE**

Дослідження виконано для сталеві зварної аркової ферми 20000×2850 дахового покриття, виготовленої з профільної труби 90×90×4мм. Матеріал труби Сталь Ст3.

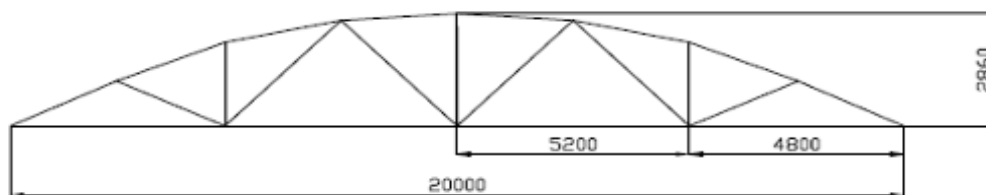


Рисунок 1. Конструктивна схема ферми.

Для дослідження прийнято схему навантаження ферми, згідно якої вона встановлена крайніми вузлами на опори і сприймає зовнішній статичний силовий вплив на вузли вздовж верхнього пояса в межах експлуатаційних навантажень при кліматичному діапазоні температур і для пожежі.

Дослідження виконано комп'ютерним моделюючим експериментом з використанням прикладного програмного комплексу ЛИРА-САПР.

В процесі дослідження побудовано епюри згинальних моментів для всіх конструктивних елементів ферми.

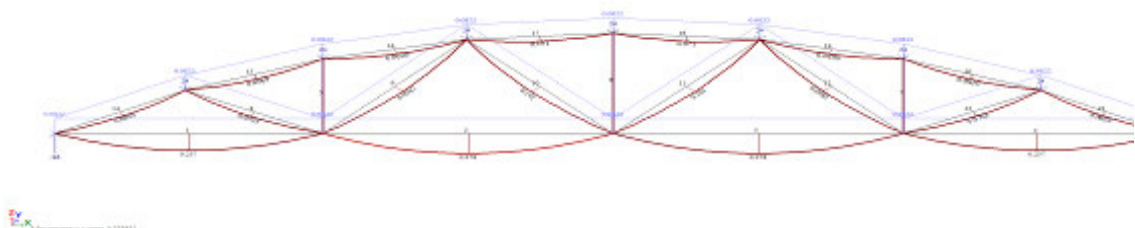


Рисунок 2. Епюра згинальних моментів.

За результатами дослідження виявлено, що експлуатаційні навантаження ферма сприймає із запасом міцності 1,37. Однак при дії пожежних температур несуча здатність ферми вичерпується через 8,2 хв.

Отже, для використання ферми при ймовірності виникнення пожежі доцільно її конструктивно зміцнення або застосування активних систем пожежогасіння.

### **Література**

1. ДСТУ Б В.1.1-4-98. Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги. Держбуд України, Київ 1999.- 45с.

УДК 624

Д.Т. Срібняк

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ ОПОРУ ЗМІНАННЯ ЛЕГКИХ СТАЛЬНИХ ТОНКОСТІННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЗАМКНУТОГО ПРОФІЛЮ

D.T.Sribnyak

### INVESTIGATION OF BUCKLING RESISTANCE OF THIN-WALLED STEEL PROFILES

За умов активного розвитку інноваційних будівельних технологій та потреби зменшення вартості самого будівництва необхідне впровадження нових високоефективних і економних технологій будівництва. До числа подібних напрямків відноситься швидке будівництво метало-каркасних будівель і споруд з ЛСТК (легких сталевих тонкостінних конструкцій).

Основною задачею дослідження є отримання уточнених даних про пост-критичну поведінку зразків ЛСТК, визначення їх граничних навантажень та порівняння їх з експериментальними результатами.

Дослідження виконували з використанням скінченноелементного програмного комплексу. Навантаження прикладали (рис. 1) на середню площину оболонки зразка ЛСТК з покроковим його збільшенням до появи пластичних деформацій. Збільшуючи навантаження, розвиток пластичних деформацій зони спостерігався з виходом із внутрішніх на зовнішні поверхні моделі.

Сумарні переміщення елементів оболонки зразка в топографічній формі, разом з еквівалентними пружними деформаціями представлені на рис 1 (а, б).

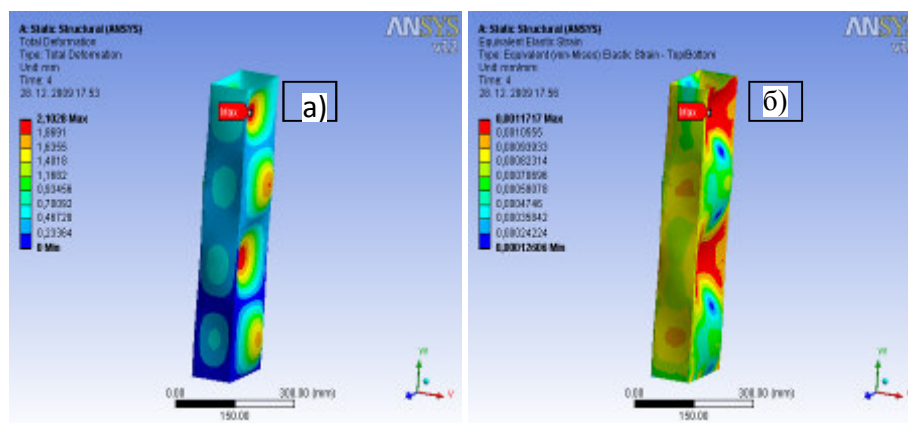


Рисунок 1 Сумарні переміщення елементів оболонки (а) та еквівалентні пружні деформації (б) зразка ЛСТК

**Висновки.** Експериментальні дослідження та теоретичні розрахунки методом скінченних елементів вказують на те, що попередня деформація (чи технологічні недоліки) тонкостінних холодно-формованих сталевих елементів суттєво впливають їх експлуатаційні міцнісні характеристики, що вимагає додаткових досліджень та відображення у нормативних документах.

#### Література

1. Проект ДСТУ - ДСТУ-Н Б В.2.6-87:2009. Настанова з проектування конструкцій будинків із застосуванням сталевих тонкостінних профілів. – К.: НДІБК, 2009. – 54 с.

УДК 725-4

Т.А. Федорчук

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя Україна

## ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ МОНОЛІТНОЇ РЕБРИСТОЇ ПЛИТИ ПЕРЕКРИТТЯ В ПК ЛИРА

T.A. Fedorchuk

### FEATURES OF THE CALCULATION OF MONOLITHIC RIBBED FLOOR SLABS IN LIRA

Метою роботи є визначення максимальних прогинів скінченно-елементної моделі монолітної ребристої плити перекриття в ПК ЛИРА при різних способах побудови.

Найпоширенішою практикою є створення розрахункової моделі монолітної ребристої плити перекриття шляхом побудови стержня в площині плити, а згодом задати ексцентриситет за допомогою жорстких вставок. Водночас, модель плити також створюється шляхом побудови ребра нижче площини плити. В цьому випадку необхідно видалити ділянку плити над стержнем шириною рівною ширині ребра, щоб не було подвійного врахування роботи бетону при розрахунку на міцність і підборі армування. Таким чином балка і плита працюють окремо один від одного. Це усувається введенням абсолютно жорстких тіл (АЖТ) в кожному трикутнику вузлів (плита-балка-плита).

Моделі плити з жорсткими вставками та абсолютно жорсткими тілами наведено на рис.1.

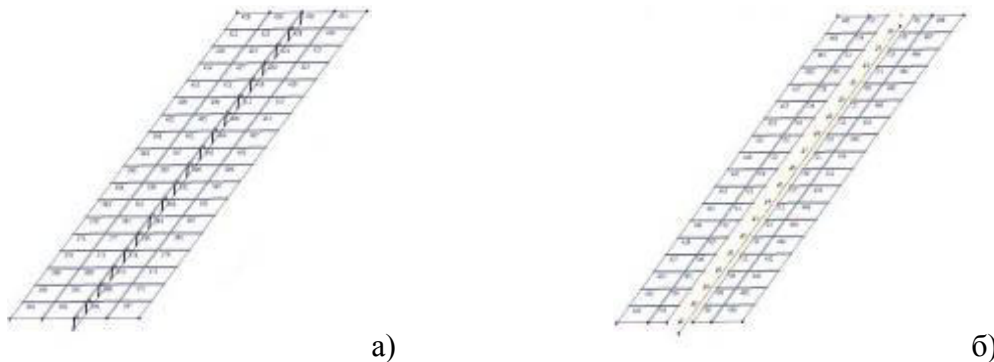


Рисунок 1. Моделі плити з жорсткими вставками (а) та абсолютно жорсткими тілами (б)

Таким чином, після проведення розрахунків при дії власної ваги та експлуатаційного рівномірно розподіленого навантаження 42,5 кН, за двома варіантами побудови моделі отримано наступні значення максимальних прогинів монолітної ребристої шарнірно оперної плити перекриття:

- задача з жорсткими вставками – 4.17 мм;
- задача з АЖТ – 4.04 мм.

#### Література

1. ДБН В.2.6-98:2009: Бетонні та залізобетонні конструкції. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 71 с. – (Державні будівельні норми України)
2. ДБН В.1.2-2-2006: Навантаження і впливи. – К.: Мінбуд України, 2006. – 60 с. – (Державні будівельні норми України)

**УДК 338.27:004**

**І.Т. Ярема, канд. техн. наук, доц., А.М. Антонов, П.В. Колибаб'юк, Н.М. Мотринець**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ЕПОКСИКОМПОЗИТІВ ЗОВНІШНІМИ ЕНЕРГЕТИЧНИМИ ПОЛЯМИ**

**I.T. Yarema, Ph.D., Assoc. Prof., A.M. Antonov, P.V. Kolybabyuk, N.M. Motrync**  
**OPTIMIZATION THE PROCESS OF PROCESSING EPOXY COMPOSITES  
WITH EXTERNAL ENERGY FIELDS**

Суттєвого підвищення експлуатаційних властивостей наповнених епоксикомпозитів можна досягнути за рахунок їх модифікації зовнішніми силовими полями, зокрема змінним магнітним полем. Важливим аспектом при такій обробці є забезпечення стабільних параметрів обробки, тому формування епоксидної композиції відбувається при нелінійній зміні в'язкості, температури та текучості матеріалу.

Метою роботи було вдосконалити процес формування наповнених епоксикомпозитів за рахунок більш якісного регулювання процесу обробки композицій зовнішніми енергетичними полями

При обробці магнітним полем епоксидних композицій оптимальним рішенням є використання ПІД-регулювання процесу обробки. Однак при цьому мають місце певні труднощі. Основним критерієм забезпечення нормальних умов при магнітній обробці є дотримання оптимальної температури обробки. Проте, при застосуванні магнітного поля не застосовується жодних нагрівачів. Температура в зоні обробки зростає через наступне: виділення теплоти при твердненні матриці внаслідок хімічної реакції (екзотермічний характер), вихрових струмів тощо.

При твердненні композицій для забезпечення оптимальної температури в зоні обробки необхідно змінювати кількість витків обмотки електромагніту, регулювати частоту змінного струму, силу струму та напругу в обмотці електромагніту, а також використовувати додаткові охолоджувачі. Необхідно відзначити, що при вказаних факторах при застосуванні ПІД регуляторів алгоритм регулювання також має резонансний характер, і при зміні коефіцієнтів пропорційності, інтегрування та диференціювання, може з часом виходити із стану рівноваги, що призведе до зміни параметрів обробки, зокрема температури та індукції магнітного поля. Це може вплинути на кінцеві фізико-механічні характеристики обробленого композитного матеріалу. Навіть незначне підвищення температури в зоні обробки понад норму, призводить до зростання залишкових напружень в оброблюваному матеріалі. Це може забезпечити незначне підвищення міцнісних показників такого матеріалу, проте може привести до зниження його довговічності та тріщиностійкості. Крім того, порушення температурних режимів при твердненні епоксидних композицій, в залежності від застосованих твердника, пластифікатора та наповнючів різної дисперсності, може спричинити отримання пористої структури, та нерівномірності структури матеріалу в його об'ємі (місцеві ущільнення, згустки наповнювача, седиментація наповнювача).

Отже, застосування ПІД-алгоритму регулювання процесом модифікації матриці змінним магнітним полем в процесі тверднення має багато чинників, управління якими, дозволяє отримувати матеріали із підвищеними експлуатаційними показниками.

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

**УДК 631.352**

**А.В. Бабій, канд. техн. наук, доц., І.А. Симчак, І.В. Говдун**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРИСТРОЮ ДЛЯ РОЗПУШЕННЯ СКОШЕНОЇ МАСИ КОСАРКОЮ-ПЛЮЩИЛКОЮ**

**A.V. Babiy, Ph.D., Assoc. Prof. I.A. Symchak, I.V. Hovdun**

**REASONING OF DEVICE PARAMETERS FOR CUTTED MASS LOOSENING BY MOWER-ROLLER OUT**

Збільшення об'ємів кормовиробництва лежить в основі успішного розвитку тваринницької галузі. Вагомою складовою грубих кормів є заготівля сіна [1]. Процес тим ефективніший, в плані збереження поживних речовин, якщо висихання зеленої маси проходить в якнайкоротші терміни. Даний технологічний процес успішно реалізують косарки-плющилки, які обладнані валом-розпушувачем сплющеної маси, що є предметом даного дослідження.

За результатами математичного моделювання руху скошеної маси отримано систему диференціальних рівнянь другого порядку, яку приведено до системи звичайних диференціальних рівнянь 1-го порядку, використовуючи правило пониження степенів системи диференціальних рівнянь вищого порядку.

Дану систему інтегровано методом Рунге-Кутти 4-го порядку. Для знаходження числового розв'язку задачі задано початкові умови та знайдено значення:

$x_{10}, x_{20}, x_{30}$  – координати точки, а  $x_{40}, x_{50}, x_{60}$  – проекції швидкості точки на нерухомій осі координат в поточний момент часу.

Для визначення величин було  $x_{10}, x_{20}, x_{30}$  введено поняття середнього радіуса пучка трави  $\rho_0$ , вважаючи, що у просторі цей пучок зустрічається з пальцем в певній точці та вперше. А також пучок зрізаної маси поступає на вал в момент, коли палець знаходиться в граничному положенні – на одній лінії з центром пучка (тобто вважаємо, що даний палець не транспортує пучок, а транспортуватиме його наступний з чотирьох пальців).

Аналіз числових даних реальних величин кутової  $\omega$  та колової  $u$  швидкостей вала показує, що за час поки палець перейде з положення А в положення В (кут повороту  $\pi/2$ ), пучок трави встигає потрапити на вал і, можливо, прокочується по ньому за рахунок обертання останнього. В початковий момент часу вважаємо, що наш матеріальний центр пучка радіусом  $\rho_0$  знаходиться в деякому положенні  $M_0$ .

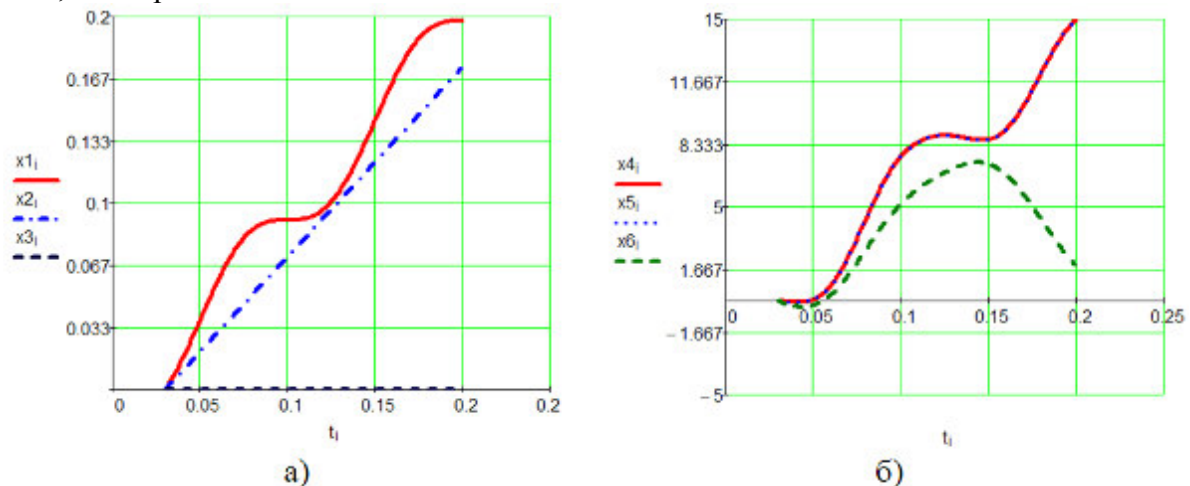
Такі обґрунтування дають можливість врахувати відхилення центра мас трави від осі подавання. В момент, коли точка покидає палець, визначається положення маси, величина і напрямок її швидкості у просторі, тобто кут між вектором швидкості і горизонтальною площиною та кут між площиною наступної траєкторії маси і лінією центру вала.

Враховуючи такі припущення та отримавши числові розв'язки диференціальних рівнянь моделі руху пучка трави, отримано ряд параметрів, які характеризують функціональні властивості вала-розпушувача [2].

Результати досліджень представимо у вигляді графіків, рис. 1.

Кут між вектором швидкості і горизонтальною площиною визначає висоту підйому скошеної маси при падінні з вала. Необхідно відзначити, що технологічний процес виконується задовільно пристроєм, коли даний кут знаходиться в межах  $1^\circ - 6^\circ$ .

Величина вказаного кута характеризує вертикальні параметри стабільності потоку маси, що передається.



а – проєкції переміщень пучка скошеної маси на відповідні осі  $x, y, z$ ;

б) – аналогічно проєкції швидкостей

Рисунок 1. Результати числових розв’язків системи диференціальних рівнянь рух скошеної маси

При куті нахилу пальців  $\gamma = 5^\circ$  кут підйому має від’ємне значення в межах частот обертання до 360 обертів за хвилину. Якщо прийняти  $\rho_0 = 5 - 25$  мм, то при зменшенні середньої величини, наприклад  $\rho_0$  до 5 мм, кут підйому набуває додатного значення для 300 об/хв вала.

Підставляючи в отримані залежності зміну кута нахилу пальця  $\gamma$  через інтервал  $5^\circ$ , при відповідних величинах  $\rho_0$ , отримано важливий конструктивний параметр розпушувального пристрою – кут висоти підйому скошеної маси  $\gamma = 1^\circ$ , який є найбільш оптимальним для всього діапазону частот обертання вала.

Другий, не менш важливий параметр – кут  $\varphi$ , що лежить між вектором швидкості та лінією центра вала. Він характеризує якість виконання процесу та впливає на формування потоку транспортуючої маси (кут розсіювання). Оптимальні умови роботи механізму, коли величина кута  $\varphi$  знаходиться в межах від  $5^\circ$  до  $10^\circ$ .

Третім важливим показником пристрою є дальність польоту скошеної маси. Дальність польоту не тільки забезпечує процес падіння маси з вала, але і розпушування скошеної маси.

Результатом реалізації математичної моделі є отримання траєкторії руху та дальності польоту скошеної маси в залежності від радіуса пучка трави  $\rho_0$ , кута нахилу пальців  $\gamma$  і числа обертів вала  $n$ . Отримані геометричні і конструктивні характеристики подані у вигляді графічних залежностей, користуючись якими можна підібрати раціональні конструктивні та кінематичні параметри розглядуваного пристрою.

### Література.

1. Бабій А. Динамічна модель енергозберігаючого приводного механізму косарки / А. Бабій, М.Бабій // Вісник ХНТУСГ. – Випуск 145 “Технічний сервіс машин для рослинництва”. – Харків, 2014. – С.112–118.
2. Бабій М. Дослідження роботи енергозберігаючого приводного механізму косарки / М.В.Бабій, А.В. Бабій // Вісник ТНТУ. Випуск 1 (77), 2015. – С.149–161.

УДК 631.3.031

А.В. Бабій, канд. техн. наук, доц., С.І. Коноваленко, А.Р. Миколаєвич

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РОБОТИ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОГО ГРУНТООБРОБНОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ

A.V. Babiy, Ph.D., Assoc. Prof., S.I. Konovalenko, A.R. Mykolaievych

## RESEARCH OF WORK PROCESS OF ENERGY SAFE SOIL PREPARATION WORK UNIT

При розробці нових чи вдосконаленні існуючих ґрунтообробних робочих органів дослідники йдуть шляхом підвищення їх продуктивності та зменшення тягового опору. Ефективними знаряддями є активні (вібруючі) органи, автоколивання в яких збуджуються середовищем, в якому вони переміщуються. Значне зниження тягового опору, самоочищення різального леза, простота конструктивного виконання робить їх досить практичними при експлуатації.

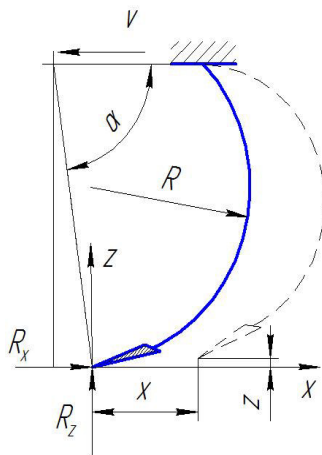


Рисунок 1 – Схема дії сил

Активні робочі органи, в яких збуджуються автоколивання, використовують в конструкціях лемішних плугів [1], культиваторних лап, підкопуючих лемешах і т.д.

Розглядаючи культиваторну лапу на пружній стійці з жорсткістю  $EJ$ , що виконана криволінійним стержнем радіусом  $R$ , важливо правильно визначити переміщення носка лапи в горизонтальному та вертикальному напрямках під дією відповідних складових опору ґрунту, рис. 1.

Найпростіше опір ґрунтового середовища визначити експериментальним шляхом, а отримані залежності його зміни інтерпретувати відомими поліномами. Оскільки, при дії опору ґрунту будуть виникати переміщення лапи в горизонтальному  $x$  та вертикальному  $z$  напрямках, такий ґрунтообробний орган матиме дві ступені вільності. В кінцевому результаті для дослідження автоколивного процесу необхідно скласти два диференціальних рівняння, для розв'язку яких спочатку потрібно визначити переміщення краю лапи за вказаними напрямками під дією горизонтальної сили опору ґрунту  $R_x$  та вертикальної  $R_z$ . Користуючись наведеною схемою, рис. 1, запишемо залежності даних переміщень [2]:

- горизонтальне переміщення

$$\delta_x = \frac{R^3}{EJ} \left[ R_z R \left( \alpha + \frac{\alpha}{2} \cos 2\alpha - \frac{3}{4} \sin 2\alpha \right) - R_x R \left( \cos \alpha - \frac{3}{4} \cos 2\alpha - \frac{\alpha}{2} \sin 2\alpha - \frac{1}{4} \right) \right]; \quad (1)$$

- вертикальне переміщення

$$\delta_z = \frac{R^3}{EJ} \left[ R_x R \left( \alpha - \frac{\alpha}{2} \cos 2\alpha + \frac{3}{4} \sin 2\alpha - 2 \sin \alpha \right) - R_z R \left( \cos \alpha - \frac{3}{4} \cos 2\alpha - \frac{\alpha}{2} \sin 2\alpha - \frac{1}{4} \right) \right]. \quad (2)$$

Отримані вирази будуть основою для визначення коефіцієнтів впливу, які увійдуть до рівнянь руху розглядуваного ґрунтообробного знаряддя. Розв'язуючи систему диференціальних рівнянь, отримуємо відповідь щодо власних частот і форм коливаний стійки, амплітуд тощо.

### Література.

1. Бабій А.В. Корпус плуга / Бабій А.В., Литвин П.П. Деклараційний патент на корисну модель 64367 А01В 15/00; заявлено 18.03.2011U 201103183, 10.11.2011. Бюлетень № 21.

2. Опір матеріалів. Під заг. ред. акад. АН УРСР Г.С. Писаренко. – К.: Вища школа, 1974. – 304 с.



**УДК 621.914**

**М.Р. Паньків канд.тех. нук, доц., Бабуля Пшемислав**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ОТВОРІВ**

**M.R. Pankiv Ph.D, Assoc. Prof., P. Babylia**

### **OPTIMIZATION OF PARAMETERS OF MECHANICAL PROCESSING OF CIRCULATIONS**

Основними показниками, що визначають конкурентоспроможність продукції, являються її високі споживчі властивості і мала собівартість. Тоді, як високу якість нової продукції і швидкий перехід на її випуск забезпечують багатоопераційні агрегатні верстати і гнучкі виробничі системи або автоматичні лінії. Але ж велика вартість устаткування цієї групи верстатів веде до зростання собівартості продукції, тобто, робить її не конкурентоспроможною. Крім того при обробці деталей на автоматичних лініях з жорстким зв'язком, особливо при великій кількості устаткування, що вбудовується в лінію, знижується їх надійність, що збільшує собівартість продукції. Тому необхідно врахувати недоліки обробки деталей на цієї групі верстатів та зменшувати необхідні затрати при виготовленні продукції.

У технології машинобудування одним з найбільш значних і принципових досягнень в області підвищення продуктивності стала обробка металів з високими швидкостями різання. Незважаючи на великий досвід виготовлення отворів в деталях, машинобудівні заводи відчувають значні труднощі при освоєнні технології обробки різанням глибоких отворів. Традиційне різання металів є і найближчим часом буде залишатися основним способом виготовлення отворів, у тому числі глибоких.

Свердлення глибоких отворів є трудомісткою технологічною операцією, особливо при обробці в'язких матеріалів. В системі верстат – пристрій – інструмент – деталь (ВПД) при глибокому свердлінні в найбільш важких умовах працює інструмент – свердло. Замкнений об'єм обробки, різноманітні функції, виконання яких повинна забезпечувати конструкція інструменту, форсовані режими різання змушують працювати корпус свердла, його ріжучі і напрямні елементи з високими напруженнями. Відомо, що в основі оптимізації процесу глибокого свердлення лежить функція стійкості інструменту від параметрів процесу різання. Математичний опис цього процесу визначається великим числом взаємозв'язаних чинників, які не подаються на сьогоднішній день узагальненню. Оптимізація процесу глибокого свердління при цьому зводиться, як правило, до зняття певних технічних обмежень по стійкості, міцності або жорсткості свердла.

Для збереження подовжньої стійкості інструменту у міру збільшення глибини обробки необхідно зменшувати осьову складову сили різання шляхом зниження швидкості подачі. Проте, зменшення швидкості подачі приводить до збільшення питомої сили різання, що, у свою чергу, якісно впливає на процес різання. Обробка глибоких отворів на малих подачах є малопродуктивною, а на граничних подачах – веде до зниження якості обробки отворів. Крім того існують напрямки підвищення ефективності процесу обробки глибоких отворів за рахунок керування алгоритмами, заснованими на вивченні механіки процесу свердління, а також управління динамікою процесу на основі зниження дестабілізуючих чинників, що супроводжують процес різання.

УДК 631.356.2

Є.Б. Береженко

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ КІЛЬКОСТІ ЗРІЗАНОЇ ГИЧКИ РОТОРНИМ ГИЧКОРІЗОМ

Е.В. Berezhenko

### TECHNOLOGICAL ANALYSIS OF THE SIZE OF CREASAN BOTTLE BY ROTOR BOTTOMA

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 завантажено на 15...25 % виробничої потужності, експортується в Францію, Бельгію, Угорщину, РФ, Республіка Білорусь, США.

Першим етапом технологічного процесу збирання цикорію є механізована операція зрізування гички з головок коренеплодів, наявний вміст якої у зібраних коренеплодах значно знижує якість сировини та вихід продуктів їх переробки.

Основними недоліками існуючих технічних засобів для збирання гички коренеплодів цикорію є розкидання зрізаної гички в межі рядка коренеплодів і їх значне вивалювання робочими органами, що значно знижує технологічні можливості коренезбиральної машини. Крім того, процес збирання гички цикорію характеризується високими енерговитратами у разі транспортування та розкидання зрізаної гички на зібране поле.

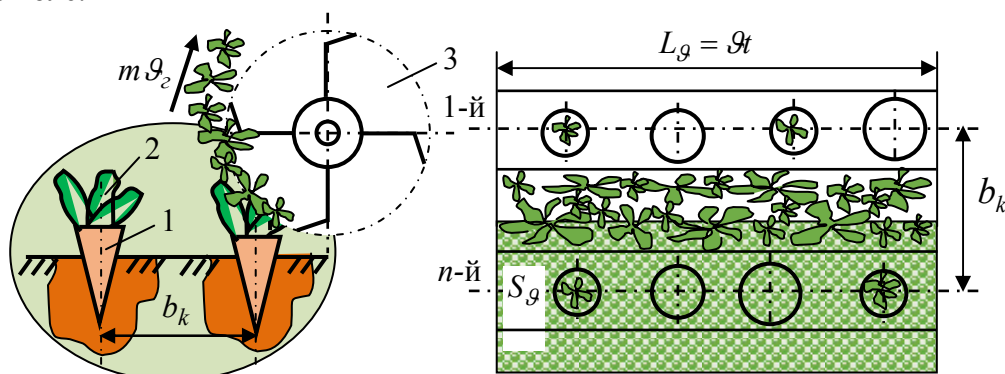


Рисунок 1. Схема до розрахунку технологічної подачі зрізаної гички роторним гичкорізом: 1 – коренеплід; 2 – гичка; 3 – роторний гичкоріз

Зважаючи на це, вибір перспективних компоувальних схем і розробка нових конструкцій робочих органів і технічних засобів для збирання гички в цілому, повинні базуватися на світовому досвіді зменшення енергетичних ресурсів, враховуючи при цьому особливості вітчизняних агротехнічних, техніко-економічних, екологічних та інших виробничих вимог.

Враховуючи світову тенденцію однофазного способу збирання коренеплодів сучасними самохідними машинами, які передбачають блочно-модульний принцип їх побудови, нами запропоновано удосконалений спосіб збирання гички коренеплодів, який передбачає зрізування основного масиву гички 2 (рис. 1) ножами роторного гичкоріза 3 з головок коренеплодів 1, її подрібнення та одночасне укладання подрібненої гички на поле у міжряддя незібраних коренеплодів. При цьому зрізування та укладання гички виконується одним робочим органом – роторним гичкорізом.

Для обґрунтування параметрів гичкозбирального модуля (рис. 2) на стадії його конструктивної розробки та проектування доцільно проаналізувати та визначити на теоретичному рівні кількість гички яка зрізується ножами роторного гичкоріза 2 (рис. 2) та яка укладається на поле у міжряддя ще незібраних коренеплодів. Мета дослідження – отримання аналітичних функціональних закономірностей зміни від параметрів насаджень коренеплодів цикорію, технологічних параметрів роботи та конструктивно-кінематичних параметрів робочих органів гичкозбирального модуля.

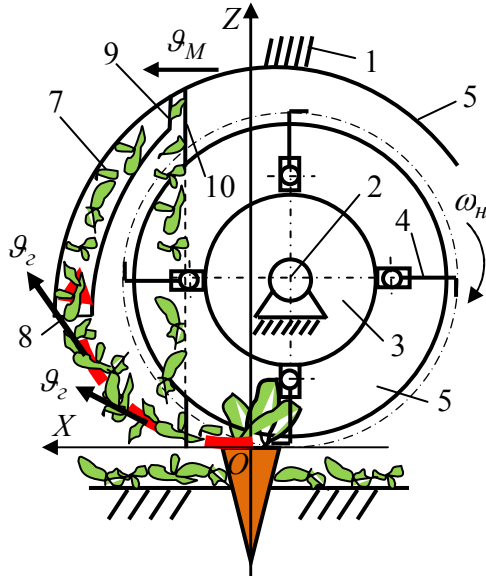


Рисунок 2 Схема зрізування гички гичкозбиральним модулем:

- 1 – рама; 2 – роторний гичкоріз;
- 3 – барабан; 4 – ніж; 5 – ділильний диск; 6 – кожух; 7 – направляючий канал; 8, 9 – вхідний і вихідний отвір; 10 – фартух

де  $g_M$  – швидкість руху модуля, м/с;  $b_k$  – ширина міжряддя коренеплодів, м;  $\Gamma_k$  – густина насаджень коренеплодів в одному  $i$ -му рядку на час збирання, шт./м<sup>2</sup>;

$$P_{iz}(t) = \frac{dL_g}{dt} b_k t \Gamma_{ik} U_{iz} \frac{dL_g}{dt} b_k = \left( \frac{dL_g}{dt} \right)^2 b_k^2 t \Gamma_{ik} U_{iz}. \quad (4)$$

Тоді згідно з (2) і (3) можна записати

$$Q_z = \left( \frac{dL_g}{dt} \right)^2 b_k^2 t \Gamma_{1k} U_{1z} g_{1z} + \left( \frac{dL_g}{dt} \right)^2 b_k^2 t \Gamma_{2k} U_{2z} g_{2z} + \dots + \left( \frac{dL_g}{dt} \right)^2 b_k^2 t \Gamma_{nk} U_{nz} g_{nz}, \quad (5)$$

або

$$Q_z = \left( \frac{dL_g}{dt} \right)^2 b_k^2 t (\Gamma_{1k} U_{1z} g_{1z} + \Gamma_{2k} U_{2z} g_{2z} + \dots + \Gamma_{nk} U_{nz} g_{nz}). \quad (6)$$

За мінливості зміни урожайності гички  $U_z \pm \Delta U_z$  та густоти насаджень  $\Gamma_k \pm \Delta \Gamma_k$  коренеплодів на ділянках поля, отримаємо

$$Q_z = \left( \frac{dL_g}{dt} \right)^2 b_k^2 t \left[ (\Gamma_{1k} \pm \Delta \Gamma_{1k})(U_{1z} \pm \Delta U_{1z})g_{1z} + (\Gamma_{2k} \pm \Delta \Gamma_{2k})(U_{2z} \pm \Delta U_{2z})g_{2z} + \dots + (\Gamma_{nk} \pm \Delta \Gamma_{nk})(U_{nz} \pm \Delta U_{nz})g_{nz} \right]. \quad (7)$$

Функціональну закономірність зміни технологічної подачі гички у міжряддя незібраних коренеплодів проведемо на основі дослідження кількості руху  $Q_z$  механічної системи «коренеплід-гичка-роторний гичкоріз», при цьому

$$\bar{Q}_z = \sum_{i=1}^n m_{iz} \bar{g}_{iz}. \quad (1)$$

Якщо гичка одночасно зрізується з декількох рядків, кількість яких позначимо через  $n$ , тоді рівняння 1 запишемо у вигляді

$$\bar{Q}_z = m_{1z} \bar{g}_{1z} + m_{2z} \bar{g}_{2z} + \dots + m_{nz} \bar{g}_{nz}. \quad (2)$$

Маса зрізаної гички  $m_{iz}$  є не що інше, як подача зрізаної гички  $P_{iz}(t)$  з кожного одного  $i$ -го рядка коренеплодів за проміжок часу  $t$ , яка залежить від кількості коренеплодів  $K_{iz}$  з яких зрізано гичку ножами роторного гичкоріза та урожайності гички  $i$ -го рядка коренеплодів  $U_{iz}$ , або  $P_{iz}(t) = U_{iz} K_{iz}(t)$ , при цьому:

$$K_{iz} = L_g k_{iz} = g_M t k_{iz} = g_M t b_k \Gamma_{ik}, \quad (3)$$

**УДК 621.791.76**

**В.А. Бойко, В.Ю. Грицик**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ТЕПЛОВІ ПРОЦЕСИ ЕЛЕКТРОДУГОВОГО ЗВАРЮВАННЯ В ЗАХИСНОМУ СЕРЕДОВИЩІ**

**V.A Boyko, V.Yu. Grizyk**

## **THERMAL PROCESSES OF ELECTRICITY WELDING IN THE PROTECTIVE ENVIRONMENT**

Одним із найважливіших факторів науково-технічного прогресу є розвиток зварювальної науки і техніки. Зварювання металів стало одним із ведучих технологічних процесів у виробництві конструкцій найрізноманітнішого призначення і без його використання неможливо уявити собі сучасне машинобудування, будівництво тощо. Підвищення ефективності та вдосконалення виробництва, зростання рівня механізації та автоматизації виробничих процесів, підвищення якості продукції, широке застосування в народному господарстві досягнень науки і техніки – ці заходи ефективно впроваджуються в даний час у зварювальне виробництво. Підвищення якості зварювального виробництва, розроблення нових способів, прийомів механізованого зварювання вимагає створення нових зразків різноманітного устаткування і його безперервного вдосконалення, що забезпечить зростання ефективності застосування в промисловості існуючих способів зварювання [1].

Для виготовлення бункера бурякозбирального комбайна марки КБМ-6 застосовують спосіб електродугового напівавтоматичного зварювання плавким електродом в середовищі захисного газу. В якості захисного використовується вуглекислий газ, який постачається в балонах у рідкому стані згідно ГОСТ 8050-85.

Зварювання виконується напівавтоматом типу ПДГ-512. Зварювальна головка напівавтомату складається із пальника, крізь який проходить шланг, і мундштука для підведення струму до електродного дроту. Подаючий механізм, який складається з електродвигуна та редуктора, розміщений окремо, поруч з робочим місцем зварювальника, і прошовує дріт через гнучкий шланг довжиною 3...4 м до пальника. Апаратура контролю та керування розміщена в спеціальній шафі. Схема керування напівавтоматом виконана на напівпровідникових елементах і забезпечує необхідний цикл роботи в режимах зварювання і налагоджування. Шланг служить не тільки гнучким направляючим каналом для електродного дроту, в ньому також розміщені дроти керування та кабелі для підведення зварювального струму до мундштука пальника [2].

Зварювання виробу проводиться на постійному струмі зворотної полярності, відстань від сопла пальника до поверхні виробу становить 15...20 мм, кут нахилу - 5...10°. Цим забезпечується стійкість процесу, надійність захисту, форма та якість шва. Зварювання ведеться кутом назад, дротом суцільного перерізу марки Св08Г2С діаметром 1,6 мм. Даний дріт придатний для зварювання у всіх просторових положеннях, а наплавлений метал отримується добре розкисленим при достатньому вмісті марганцю та кремнію і високими міцністними та пластичними властивостями.

При аналізі фазових перетворень, що протікають в різних областях зони термічного впливу, застосовують загальний методичний підхід до оцінки структури і властивостей металу даної зони. Відповідно зварювання вуглецевих сталей можна виділити ряд характерних областей (ділянок) зони термічного впливу (рис. 1).

Високотемпературна область (*I*) – зона максимальних температур від  $T_n$  до  $T_c$ . У

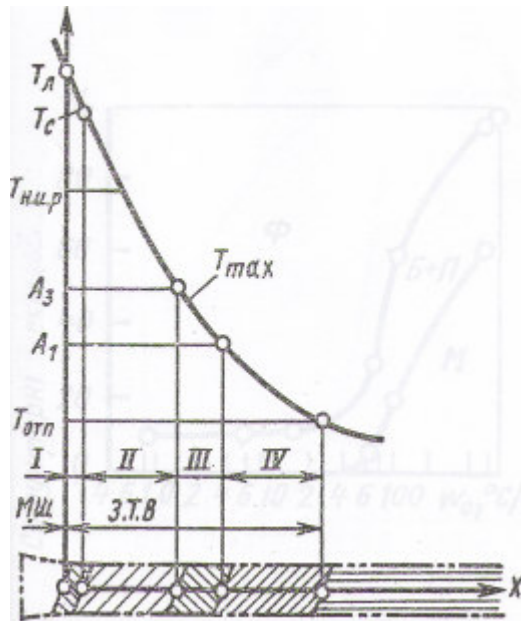


Рисунок 1. Залежність зміни області зони термічного впливу за розподілом максимальних температур  $T_{max}$  в критичних точках; *МШ* – метал шва; *ЗТВ* – зона

високотемпературній області в процесі нагріву з процесами аустенізації і зростання зерна на завершальній стадії нагрівання, коли температура перевищує температуру солідуса, спостерігається плавлення металу як по межах, зерен, так і в об'ємі зерен.

Область аустенізації (II) – зона максимальних температур від  $T_C$  до  $A_{C3}$ . У даній області так само, як і в першій, в процесі нагріву протікає фазове перетворення перліту на аустеніт, зростання зерна аустеніту, його гомогенізація. При цьому на ділянці, де температура нижче  $T_{н.у.р}$  (температура початку інтенсивного зростання зерна), зерно аустеніту дрібніше, але менш однорідніше, ніж на ділянці, де температура вище  $T_{н.у.р}$ . Відмінність у властивостях аустенітного зерна в межах області аустенізації позначається надалі на кінетиці перетворення аустеніту на стадії охолодження. Грубозернистий однорідний аустеніт в порівнянні з дрібнозернистим менш однорідний і більш схильний до переохолодження.

Область неповної перекристалізації (III) – зона максимальних температур від  $A_{C3}$  до  $A_{C1}$ . На ділянці неповної перекристалізації в процесі нагріву спостерігається часткове перетворення фериту (перліту) на аустеніт. При подальшому охолодженні залежно від швидкості охолодження можливе перетворення аустеніту на перлітні структури або в мартенсит. Неоднорідність механічних властивостей в III зоні може бути великою, оскільки аустеніт, що формується в діапазоні температур  $A_{C3} - A_{C1}$  характеризується великою хімічною неоднорідністю.

Область знеміцнення (IV) - зона максимальних температур від  $A_{C1}$  до  $T_{omn}$  ( $T_{рекр}$ ). При зварюванні сталі в загартованому і відпущеному стані в цій області спостерігаються подальша коагуляція цементиту і знеміцнення сталі, а при зварюванні загартовуваної сталі зняття наклепу у зв'язку з розвитком процесів рекристалізації. Проте за деяких умов зварювання, що забезпечують швидке охолодження металу і формування пересичених розчинів (вуглецю, азоту), можливе підвищення властивостей міцності і зниження пластичності у зв'язку з розвитком старіння в процесі вичікування. Таким чином, в результаті теплової дії процесу зварювання в зоні термічного впливу спостерігається зміна властивостей початкового основного металу, Ступінь зміни властивостей значною мірою визначається вмістом вуглецю.

Як правило, маловуглецеві сталі володіють хорошими тепловою зварюваністю. У цих сталей схильність до формування структур гартування в зоні термічного впливу вище, ніж у середньовуглецевих сталей. При зварюванні високовуглецевих сталей застосовують підігрів і термообробку після зварювання.

### Література

1. Куркик С.А., Николаев Г.А. Сварные конструкции. Технология изготовления, механизация, автоматизация и контроль качества в сварочном производстве. М.: Высшая школа, 1991. 398 с.
2. Терещенко В.И., Либаков А.И. Выбор и применение способов сварки при изготовлении конструкций. К.: Наукова думка, 1987. 192 с.

УДК 624

Є.А. Басюк, І.В. Вильотник

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## МОДЕЛЮВАННЯ ПУСТОТНИХ МОНОЛІТНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПЛИТ МЕТОДОМ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Y.B. Basiuk, I.V. Vylotnyk

### MODELING OF HOLLOW MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE SLABS USING FINITE ELEMENT METHOD

Робота збірних багатопустотних плит була добре вивчена конструкторами в ХХ столітті в усьому світі і, зокрема, в Україні, де збірний залізобетон став основним будівельним матеріалом. У будівельній літературі можна зустріти безліч прикладів розрахунку і конструювання подібних конструкцій. В загальному випадку, плита розглядається як однопролітна балка (яка спирається по двом коротким сторонам) двотаврового або таврового еквівалентного перерізу (з такими ж геометричними характеристиками).

У порівнянні з суцільними плитами перекриття залізобетонні пустотні мають набагато меншу вагу за рахунок порожнеч трубоподібної форми, що проходять наскрізь через всю плиту по всій довжині перекриття. Слід зазначити, що ці порожнини сприяють також значному збільшенню опірності плити на прогин.

З використанням методу скінченних елементів було створено моделі ЗБ плит перекриття (суцільну плиту і пустотну). Їх було програмно навантажено зусиллям однакової інтенсивності. Отримані результати вказують на те що, пустотна плита більш ефективніша до дії прогину. Це підтверджується графіком, зображеним на рис. 1, на якому показані прогини плит перекриття (суцільної і пустотної).

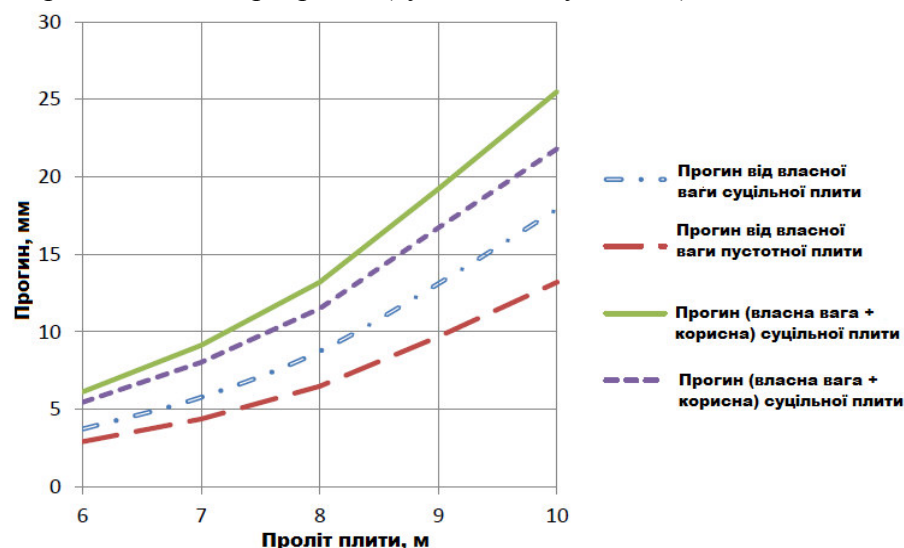


Рисунок 1. Прогини плит перекриття

Армування полегшених монолітних перекриттів здійснюється аналогічно плоским безбалочним плитам. В загальному випадку, в прольоті необхідна нижня арматура в двох напрямках, а на опорах верхня. На рис. 2, де зображено графіки залежності витрат арматури від величини прольоту, видно ефективність використання пустотних плит з точки зору економії матеріалу.

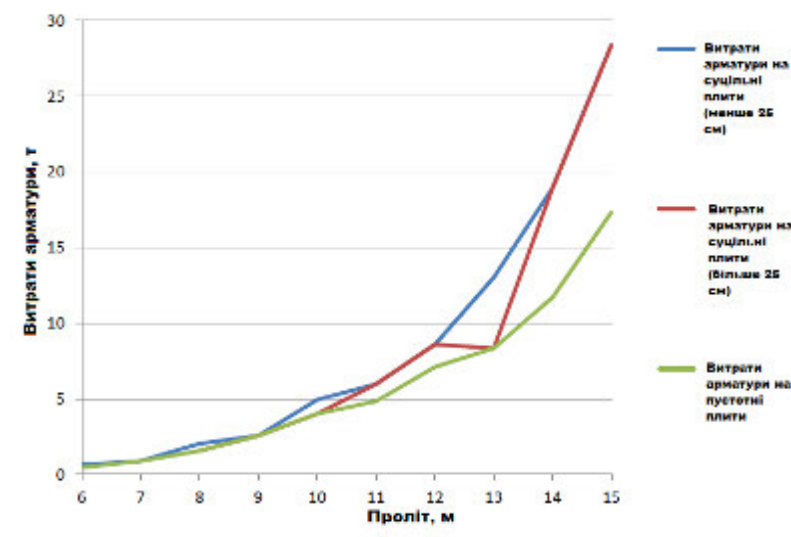


Рисунок 2. Графіки залежності витрати арматурної сталі від величини прольоту

При використанні МСЕ важливо правильно вибрати типи і розміри кінцевих елементів, це дуже впливає на точність кінцевих результатів розрахунку.

При моделюванні багатопустотної монолітної плити важливо коректно відобразити в розрахунковій схемі фізику роботи конструкції за допомогою засобів універсальних розрахункових програм. Плита являє собою складну за формою монолітну конструкцію, що складається з верхньої і нижньої полиць і ребра, всі ці елементи пов'язані між собою і працюють як єдина конструкція.

Використання методу скінченних елементів має свої переваги й недоліки. Перевагою методу скінченних елементів є можливість обліку різних чинників, що впливають на роботу конструкції (нерегулярність сітки колон, наявність отворів). Недоліком даного способу є зайва ідеалізація геометрії конструкції, і, крім того, для даної моделі необхідне переміщення розподілених по площині навантажень до лінійно розподілених навантажень, що діють на стрижні. Це значно збільшує час розрахунку.

### Література

1. Програмне забезпечення інженерних розрахунків : конспект лекцій для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» всіх форм навчання / Укладач : Сорочак А.П. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2018. – 128 с.

2. Иванов Ю. М. Исследования влияния армирования на прочность и жесткость клееных деревянных Тихонов, И.Н Армирование элементов монолитных железобетонных зданий / И.Н. Тихонов. – Москва: НИИЖБ им. А. А. Гвоздева, 2007. – 118 с.

3. Метод конечных элементов в нелинейных расчетах пространственных железобетонных конструкций / Клованич С.Ф., Безушко Д.И. – Одесса: Издательство ОНМУ, 2009.-89с.

**УДК 536.24**

**Д.О. Вітенько, А.П. Сорочак, канд. техн. наук, доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ЗАСТОСУВАННЯ ТЕПЛОАКУМУЛЮЮЧИХ ПРИСТРОЇВ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ З ТЕПЛОВИМ НАСОСОМ ДЛЯ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД**

**D. O. Vitenko, A.P. Sorochak, Ph.D., Assoc. Prof.**

## **USAGE OF HEAT STORAGE IN HEAT-PUMP SYSTEM IN BUILDINGS AND STRUCTURES**

Ідея застосування теплових насосів в системах теплопостачання малоповерхових будівель і споруд не нова. Водночас вони залишаються перспективним. Теплопостачання може бути організовано за допомогою теплонасосних установок (ТНС), що використовують низькопотенційну теплоту природного середовища. Особливо перспективні такі системи для південних регіонів країни. Найбільш доступними для більшості населення є тепло-насосні системи «повітря-вода» і «повітря-повітря», оскільки крім підключення самого апарату до електромережі і до системи опалення ніякі інші монтажні роботи не потрібні. Такі системи характеризуються високою енергетичною ефективністю, автономністю від теплопостачальних мереж, а також екологічною безпекою технології та обладнання, що використовуються [1].

Для того, щоб уточнити економічну доцільність використання ТНС у будинку було проведено розрахунок енергозбереження і зниження витрат на опалення і гаряче водопостачання при установці геотермального теплового насоса Thermia Diplomat 16. Розрахунок проведений для індивідуального житлового будинку площею 300 м<sup>2</sup>.

Якщо порівнювати встановлення теплового насосу з ґрунтовим теплообмінником і встановлення котельні на дизельному паливі з паливним господарством, димовою трубою і автоматикою, різниця в вартості нівелюється за 3-5 років. За допомогою теплового акумулятора з латентним матеріалом можна досягти ще більшої ефективності роботи ТНС [2].

Під час дослідження кінетики акумулювання теплоти трубчастим теплоакumuлюючим елементом, заповненим матеріалом з фазовим переходом на основі 85% парафіну та 15% буровугільного воску моделювали два режими нагрівання [3]. У першому теплоакumuлюючий елемент опускали в термостат з температурою теплоносія 80°C, а у другому досліджували нагрівання теплоакumuлюючого елемента в термостаті з різною швидкістю. Різна швидкість нагрівання теплоносія забезпечувалась включенням електричних нагрівачів термостата потужністю 400, 800 та 1200 Вт [4].

Принцип акумулювання тепла парафінами полягає в тому, що матеріал накопичує значну кількість теплової енергії при переході з твердого стану в рідкий (в період плавлення) і віддає накопичене тепло при затвердінні [5]. В процесі фазового перетворення речовини його температура не змінюється, але виділяється так звана прихована теплота фазового переходу, кількість якої досить значна [6].

Так для зміни температури 1 кг води на 1°C потрібно близько 4,2 кДж [7]. Парафін, який плавиться при температурі + 44°C, в процесі плавлення акумулює 150 кДж на 1 кг. Таким чином, тепловий акумулятор з парафіном при охолодженні з + 45°C до + 43°C (всього 2 градуси ) акумулює стільки ж тепла, скільки теплоакumuлятор зі звичайною водою при охолодженні з +80°C до + 43°C. Отримані результати підтвердили доцільність використання теплоакumuлюючого пристрою з ТАМ. Для



практичного використання було розроблено комплексного підключення ТНС і теплоакumuлюючого пристрою в систему теплопостачання (рис. 1).

Проаналізувавши властивості досліджених теплоакumuлюючих матеріалів (ТАМ) можна зробити висновок, що головною перешкодою для використання суміші, що складається з 85% парафіну та 15% буровугільного воску, може бути недостатньо висока теплопровідність. Дослідження багатьох науковців, спрямовані на усунення даного недоліку, концентруються на пошуку шляхів підвищення теплопровідності існуючих ТАМ шляхом додавання часток з високою теплопровідністю [8].

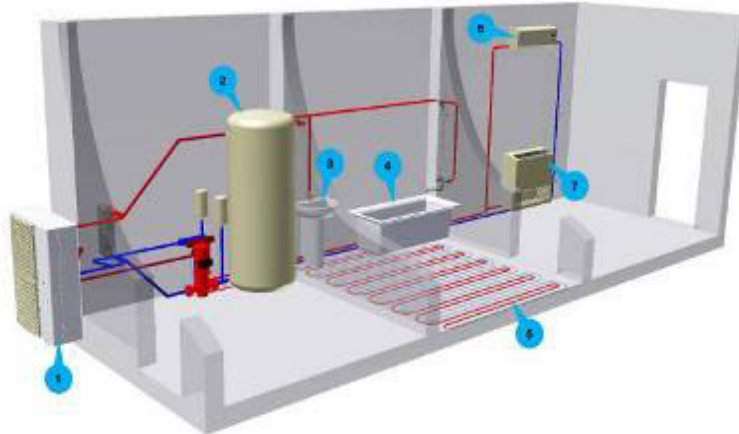


Рисунок 1. Модель підключення ТНС:

1 - ТНС; 2 - теплоакumuлятор з латентним матеріалом; 3, 4 - сантехніка; 5 - теплі підлоги; 6 - фальшкін; 7 - радіатори опалення.

За результатами аналізу отриманих результатів запропонована модель виявилась економічно доцільною та ефективною.

#### **Література:**

1. Бекман Г. Тепловое аккумулярование энергии / Г. Бекман, П. Гилли; пер. с англ. В.Я. Сидорова, Е.В. Сидорова; под ред. В.М. Бродянского. – М.: Мир, 1987. – 272 с.
2. Левенберг В.Д. Аккумулярование тепла / В.Д. Левенберг, М.Р. Ткач, В.А. Гольстрем. – К.: Техника, 1991. – 112 с.
3. Курис Ю.В. Исследование аккумулярования энергии как эффективного средства энергосбережения / Ю.В. Курис, С.И. Ткаченко, А.Н. Охрименко // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2009. – №7. – С. 38-41.
4. Гольцман Д.А. Применение электроэнергии для горячего водоснабжения и отопления жилых зданий / Д.А. Гольцман, Л.В. Бончковская // Водоснабжение и санитарная техника. – 1976. – №1. – С. 30-33.
5. Ганжа Н.Г. Тепловое аккумулярование как способ повышения энергетической эффективности систем теплоснабжения / Н.Г. Ганжа, А.В. Хименко // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2012. – №3. – С. 16-21. – ISSN 2218-1849.
6. Денисова А.Е. Аккумулярование энергии в гелиосистемах теплоснабжения / А.Е. Денисова // Экотехнология и ресурсосбережение. – 2002. – №2. – С. 9-14.
7. Даффи Дж. А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии / Дж. А. Даффи, У.А. Бекман. – М.: Мир, 1977. – 420 с.
8. Антипов Є.О. Система комплексного енергозбереження споживачів із застосуванням альтернативних джерел та комбінованих акумуляторів енергії : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.09.03 "Електротехнічні комплекси та системи" / Є.О. Антипов. – Київ, 2016. – 25 с.

**УДК 621.9.06**

**В.Н. Волошин, канд. техн. наук, доц., В.В. Луців**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ФОРМОУТВОРЮЮЧІ МОЖЛИВОСТІ П'ЯТИКООРДИНАТНОГО ФРЕЗЕРНОГО ВЕРСТАТУ З ЧПК**

**V.N. Voloshyn, Ph.D., Assoc. Prof., V.V. Lutsiv**

## **SHAPE FORMING CAPABILITIES OF THE FIVE-AXIS CNC MILLING MACHINE**

При проектуванні сучасних технологічних процесів обробки деталей складної геометричної форми (формоутворююче оснащення, корпусні деталі, лопатки турбін т ін.) все ширше використовується принцип концентрації операцій. Це робиться з метою скорочення виробничих площ та кількості використовуваного обладнання. Там, де раніше застосовували операційні верстати з максимальною диференціацією процесу обробки на окремі операції, зараз концентрують більшу кількість операцій на одному верстаті. На сьогоднішній день підвищеним попитом користуються п'ятикоординатні фрезерні верстати з ЧПК, які дозволяють у порівнянні із традиційними трикоординтними фрезерними верстатами з ЧПК збільшити кількість робочих площин обробки та забезпечити обробку всіх поверхонь за один установ. Технологічні можливості таких верстатів багато в чому визначаються структурою їх формоутворюючих систем [1]. Тому визначення формоутворюючих можливостей п'ятикоординатних фрезерних верстатів з ЧПК виходячи із структури їх формоутворюючих систем (ФС) є актуальною науковою задачею.

Для опису можливості формоутворення поверхонь технологічним обладнанням може бути використаний варіаційний метод [1], який дозволяє, використовуючи в якості вихідних даних координатний код ФС верстата, отримати рівняння всіх можливих оброблюваних на ньому поверхонь. Модель ФС верстата формується по складу вузлів верстата і опису їх рухів та математично представляється у вигляді функції формоутворення [1, 2]. Важливими елементами ФС є ланки, кожна з яких має локальну систему координат, і зв'язки між сусідніми ланками. Кінцевими ланками формоутворюючої системи служать оброблювана деталь та різальний інструмент.

Розглянемо формоутворюючу структуру п'ятикоординатного фрезерного верстата з ЧПК (рис.1). Оброблювані поверхні розташовані на заготовці, що служить нульовою ланкою ФС верстата. Тоді координатний код ФС, який складається із кодів матриць переміщень і поворотів [1],  $K = 641236$ .

У відповідності з викладеним описом процесу формоутворення та координатного коду ФС, функція формоутворення для ФС п'ятикоординатного фрезерного верстата з ЧПК:

$$\bar{r}_0 = A_{01}^6(\psi) \cdot A_{12}^4(\theta) \cdot A_{23}^1(x) \cdot A_{34}^2(y) \cdot A_{45}^3(z) \cdot A_{56}^6(\varphi) \cdot \bar{r}_6, \quad (1)$$

де  $\bar{r}_6 = [x_6, y_6, z_6, 1]^T$  – радіус-вектор точок різального інструменту;  
 $\bar{r}_0 = [x_0, y_0, z_0, 1]^T$  – радіус-вектор точок різального інструменту в системі координат заготовки;  $A_{01}^6(\psi)$ ,  $A_{56}^6(\varphi)$  – матриці повороту навколо осі  $Z$ ;  $A_{12}^4(\theta)$  – матриця повороту навколо осі  $X$ ;  $A_{23}^1(x)$  – матриця переміщень вздовж осі  $X$ ;  $A_{34}^2(x^2)$  – матриця переміщень вздовж осі  $Y$ ;  $A_{45}^3(z)$  – матриця переміщень вздовж осі  $Z$ .

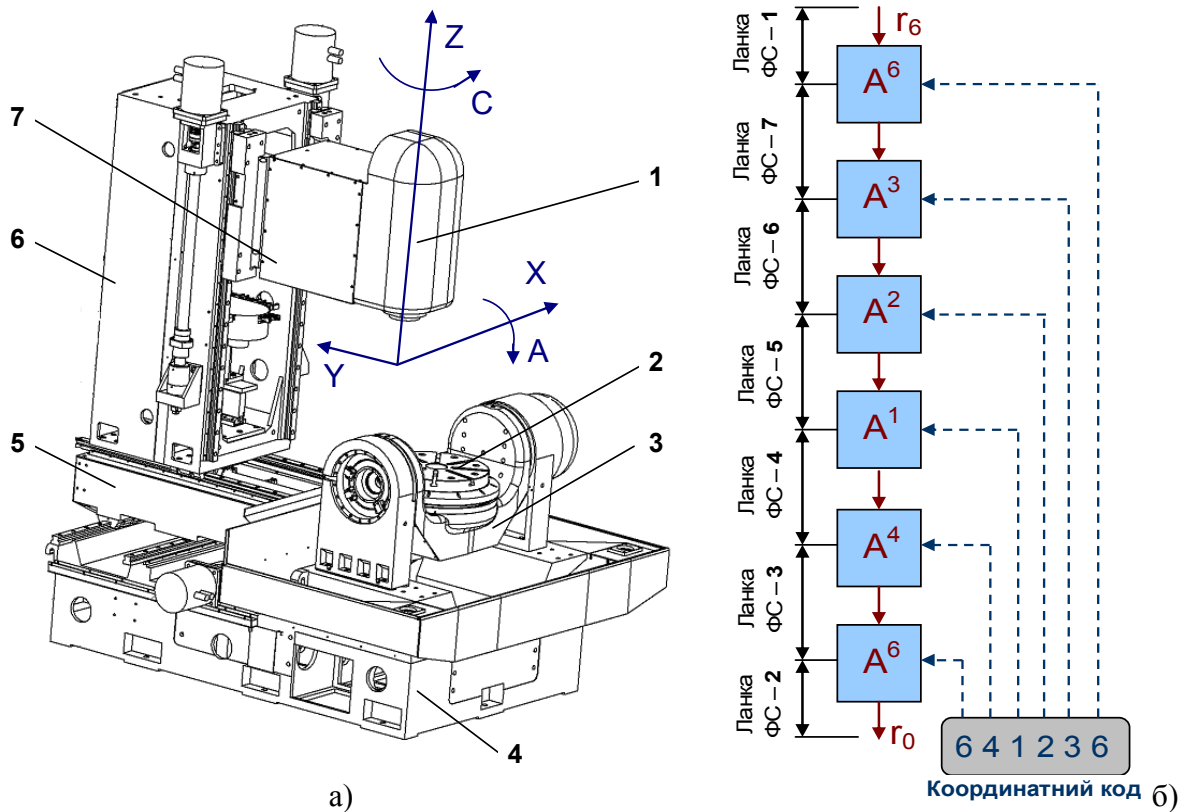


Рисунок 1. Основні вузли (а) та формуюча структура п'ятикоординатного фрезерного верстата з ЧПК: 1 – шпиндель; 2 – вертикальний поворотний стіл; 3 – горизонтальний поворотний стіл; 4 – основа; 5 – поперечний стіл; 6 – рухома стійка; 7 – шпиндельна бабка

Перемноживши матриці по правилах матричного аналізу отримаємо функцію формоутворення:

$$\begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \sin \psi \sin \theta & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & -\cos \psi \sin \theta & a_{24} \\ \sin \theta \sin \varphi & \sin \theta \cos \varphi & \cos \theta & z \cos \theta + y \sin \theta \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_6 \\ y_6 \\ z_6 \\ 1 \end{bmatrix}, \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \text{де } a_{11} &= \cos \psi \cos \varphi - \sin \psi \cos \theta \sin \varphi; & a_{12} &= -\cos \psi \sin \varphi - \sin \psi \cos \theta \cos \varphi; \\ a_{14} &= z \sin \psi \sin \theta - y \sin \psi \cos \theta + x \cos \psi; & a_{21} &= \sin \psi \cos \varphi + \cos \psi \cos \theta \sin \varphi; \\ a_{22} &= -\sin \psi \sin \varphi + \cos \psi \cos \theta \cos \varphi; & a_{24} &= -z \sin \psi \sin \theta + y \cos \psi \cos \theta + x \sin \psi \end{aligned}$$

Отримана функція ФС (2), моделі різальних інструментів [1, 3] та аналіз системи зв'язків дозволив отримати перелік всіх можливих оброблюваних поверхонь, оцінивши таким чином спектр формуючих можливостей п'ятикоординатного фрезерного верстата з ЧПК.

#### Література.

1. Решетов Д.Н. Точность металлорежущих станков/ Д.Н. Решетов, В.Т. Портман. – М.: Машиностроение, 1986. – 336 с.
2. Portman V. Form-Shaping Systems of Machine Tools: Theory and Applications/ V. Portman, I. Inasaki, M. Sakakura, M. Iwatate// Annals of the CIRP – Vol. 47/1 – 1998 – pp.329-332.
3. Ивахненко А.Г. Точность формообразования на гексаподах/ А.Г. Ивахненко, О.Н. Подленко// СТИН – 2007 – №9. – С. 2 – 6.

УДК 621.941-229.3

В.Н. Волошин, канд. техн. наук, доц., І.І. Грицишин, Т.Ю. Ратушко

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ШИРОКОДІАПАЗОННІ ПЛУНЖЕРНО-КЛИНОВІ ТОКАРНІ ПАТРОНИ

V.N. Voloshyn, Ph.D., Assoc. Prof., I.I. Gryzyshyn, T.Yu. Ratushko

### WIDE-BAND PLUNGER-WEDGE LATHE CHUCK

При токарній обробці співвідношення продуктивності та гнучкості металорізальних верстатів має велике значення і воно значно залежить від технологічного оснащення для затиску заготовок [1]. Можливість забезпечити затиск оброблюваних деталей при токарній обробці в широкому діапазоні буде в значній мірі визначати її ефективність. Тому створення токарних патронів (ТП) для забезпечення надійного затиску заготовок в широкому діапазоні мінімальною кількістю комплектів затискних елементів (ЗЕ) є актуальною науково-практичною задачею.

Існуючі на сьогодні способи охоплення розмірів заготовок ТП реалізуються по трьох основних схемах [1, 2]: дискретній; неперервній; дискретно-неперервній. Найбільш перспективною є неперервна схема охоплення діапазону розмірів заготовок, але поки що не отримала широкого розповсюдження із-за складності вирішення в рамках однієї конструкції двох протирічливих вимог: з однієї сторони, необхідно забезпечити порівняно високий рівень сил, що створюють ефект утримання однієї поверхні відносно іншої; з іншої сторони необхідно зберегти цей рівень сил при мінімальних затратах на переналагодження у широкому діапазоні розмірів заготовок.

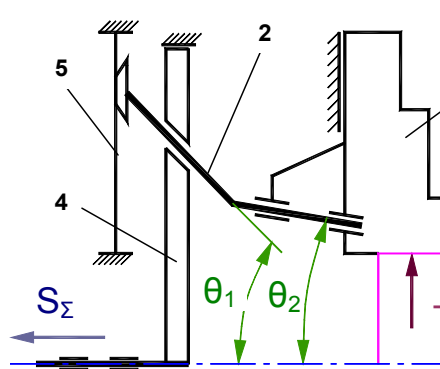


Рисунок 1. Схема широкодіапазонного плунжерно-клинового ТП

Запропоновано гаму компактних ТП (рис.1), які здійснюють затиск деталі 3 із високим затискним зусиллям та забезпечують значну довжину ходу ЗЕ 1. Особливістю цих ТП є дві послідовно з'єднані передавально-підсилювальні ланки (ППЛ) 2. Перша ППЛ, виконана у вигляді нахилоного під великим кутом  $\theta_1$  плунжера, виконує попередній затиск заготовки 3. Друга ППЛ, виконана у вигляді клина із малим кутом  $\theta_2 \ll \theta_1$ , забезпечує створення необхідного зусилля затиску заготовки 3. В результаті аналізу силових потоків у ТП отримано аналітичну модель для оцінки сумарної статичної сили

затиску заготовки з урахуванням дії сил пружності листових пружин, які підтискають плунжери на другому етапі його роботи. В результаті проведення силового аналізу розробленої конструкції плунжерно-клинового ТП з використанням розробленої аналітичної моделі отримані залежності коефіцієнта підсилення в залежності від кутів  $\theta_1$  і  $\theta_2$  та коефіцієнтів тертя між заготовкою і ЗЕ, а також між рухомими частинами ППЛ.

#### 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. 2. Кузнецов Ю.Н. Широкодиапазонные и многофункциональные зажимные механизмы: теория и практика/ Ю.Н.Кузнецов, В.Г. Кушик, О.Я. Юрчишин. – К.: ООО «ЗМОК»-ООО «ГНОЗИС», 2011. – 424 с.

УДК 621.86

Б.М. Гевко докт. техн. наук, П.В. Казмірчук

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ІНДИКАТОРНИЙ НУТРОМІР

В.М. Nevko Dr.Prof., P.V. Kazmirchuk

### INDICATOR NUTRUMIR

Неперервний розвиток машинобудування потребує удосконалення засобів контролю для заміру отворів блоків циліндрів головних базових елементів двигунів внутрішнього згоряння.

Висока якість виготовлення машин і механізмів в значній мірі залежить від належної постанови технічного контролю, і в першу чергу від методів і засобів вимірювання геометричних параметрів, як самих деталей так і вузлів в цілому.

Нами розроблено конструкцію індикатора нутроміра для заміру отворів блоків циліндрів, яка зображена на рис.1. Індикаторний нутромір виконано у вигляді вимірювального корпуса - циліндричної труби 1, в торець нерухомого наконечника якого завальцована кулька 2 з можливістю кругового провертання, яка є у взаємодії з тілом циліндричного отвору 3. Другий кінець вимірювального корпуса виконано у вигляді рухомої втулки 4 і кріпильної дуги 5 і до двох торців, в яких завальцовані кульки 6, які можуть вільно обертатися і які є у взаємодії оброблювальною циліндричною поверхню циліндричного отвору 3.

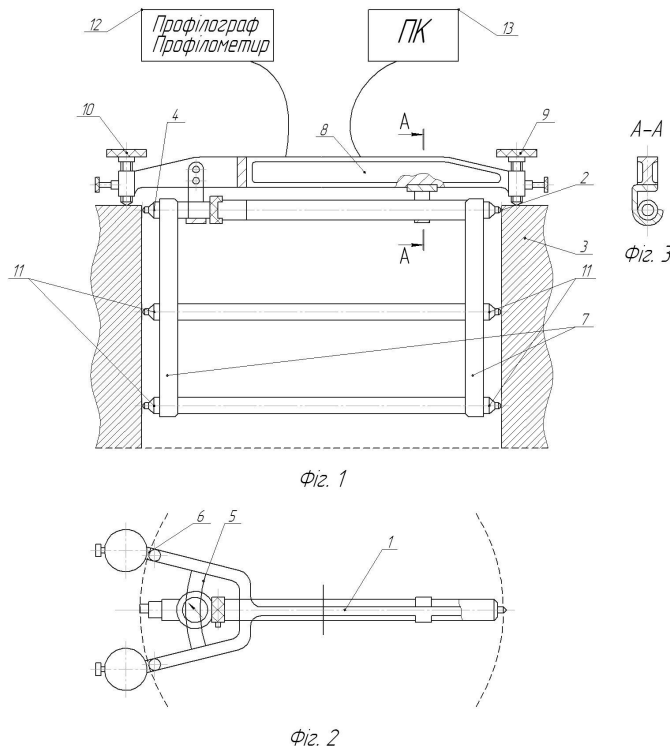


Рисунок 1. Індикаторний нутромір

Крім цього індикаторний нутромір оснащений трьома кронштейнами 7 видовженої форми, які жорстко кріпляться до силумінового тримача 8 знизу. Останній виконано з одного кінця у вигляді прямолінійної опори з опорним гвинтом 9, а другий кінець виконано у вигляді кріпильної дуги 5 і двома опорними гвинтами 10.

Крім цього в кронштейнах 7 по їх довжині встановленні висувні регульовані елементи 11, які забезпечують перпендикулярність встановлення нутроміра до осі отвору циліндра 3, як мінімум трьох точках довжини циліндра, параметри якого визначають. Причому регульовальні елементи 11 повинні бути на однакових віддалених на кронштейнах від горця отвору. Пристрій оснащений приладами для заміру їх параметрів профілометром 12 і персональним комп'ютером 13.

Робота індикаторного нутроміра збільшується наступним чином. Силуміновий тримач 8 з індикаторним нутроміром вимірювальним корпусом 1 встановлюють зверху розточувального циліндра 3. В середину якого опускають кронштейни 7 на певні висоти. Першу серію дослідів здійснюють з нижнього горця отвору 3, при цьому регулювальні елементи 11 виставляють відновленим чином зверху тіла циліндра. За допомогою профілометра 12 і персонального комп'ютера 13, заміри здійснюються в трьох площинах - нижньої середньої і верхньої і з відповідним їх замірам і фіксацією.

При цьому за допомогою регулювальних елементів 11 виставляють індикатор і проводять відповідні заміри з відповідним змащенням поверхонь тертя.

Прижим кульок регулювальних елементів 11 до циліндричної стінки 3 здійснюють пружинами відомим способом і фіксацію їх переміщення контрольними пристроями.

Зусилля деформації стінки визначаємо за формулою

$$P_d = \frac{c \cdot s^2 \cdot \sigma_s \cdot k_1}{4 \cdot h}, \quad (3)$$

де  $c$  – ширина частини кільцевого виступу що піддається деформації, мм;

$s$  – товщина стінки кільцевого виступу, мм;

$\sigma_s$  – границя текучості матеріалу, МПа;

$k_1$  – коефіцієнт, що враховує зміцнення матеріалу,  $k_1=1,2\dots 1,3$ ;

$h$  – глибина кільцевої виточки, мм.

Підставляючи формули (2) і (3) у формулу (1), отримуємо

$$P_0 = n \cdot \left( P_x + \frac{c \cdot s^2 \cdot \sigma_s \cdot k_1 \cdot \sin \alpha}{4 \cdot h} \right). \quad (4)$$

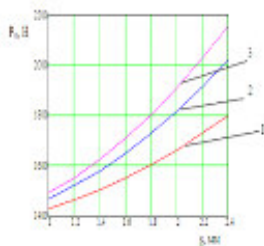


Рисунок 2. Графік залежності осьової сили завальцювання кульки від товщини стінки між кулькою та виточкою: 1 – сталь 08; 2 – сталь 30; 3 – сталь 45

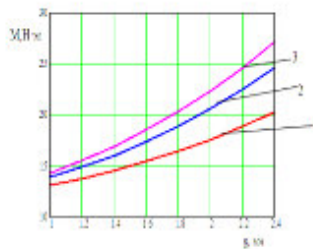


Рисунок 3. Графік залежності моменту завальцювання кульки від товщини стінки між кулькою та виточкою: 1 – сталь 08; 2 – сталь 30; 3 – сталь 45

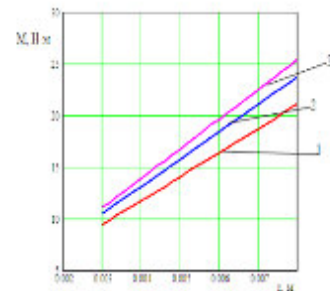


Рисунок 4. Графік залежності моменту завальцювання кульки від радіуса кульки: 1 – сталь 08; 2 – сталь 30; 3 – сталь 45

До переваги індикаторного нутроміра відноситься розширення технологічних можливостей і підвищення якості замірів і їх продуктивності.

#### Література

1. Пат. № 103110Україна МПК В21D 39/00 “ Пристрій для за вальцювання кульок в напрямних ” / Гевко Б.М., Крук В.В., Навроцька Т.Д., Гевко І.Б., Шуст І.М. Заявник і патентовласник Гевко Б.М., Крук В.В., Навроцька Т.Д., Гевко І.Б., Шуст І.М. № у 2015 02314, заявл. 16.03.2015, опубл. 10.12.2015, бюл. №23/2015. (частка всіх авторів однакова).

2. Клендій В.М., Казмірчук П.В. та інші. Дослідження технологічного процесу за вальцювання кульок в напрямляючі транспортних механізмів. Харків 2017. Вісник ХНТУСГ ім. П.Василенка. Вип.181.ст.315-318.

**УДК621.82.**

**Б.М. Гевко докт. техн. наук, Р.М. Котик**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ГВИНТОВИХ ГОФРОВАНИХ ЗАГОТОВОК**

**V.M. Hevko Dr. Prof., R.M. Kotyk**

## **TECHNOLOGICAL FEATURES OF MANUFACTURING COATED MIXED PACKAGES**

Гвинтові гофровані робочі органи доцільно використовувати для змішування сипких матеріалів, в порошковій металургії, в інструментальному виробництві при виготовленні абразивних інструментів, переробці пластмас, приготування кормів у тваринництві.

На основі створення нових конструкцій машин і механізмів з використанням гвинтових гофрованих робочих органів створюються можливості для розширення області їх використання в народному господарстві.

Верстат для виготовлення гвинтових гофрованих заготовок зображено на рис.2, який виконано у вигляді станини 1, до якої жорстко закріплено електродвигун 2, коробку швидкостей 3 і механізм формоутворення, який складається з механізму радіального підтиску 4 з формувальним роликком 5 і рукояткою регулювання величини підтиску 6. Механізм гофроутворення і подачі заготовки встановлено перед механізмом приводу перпендикулярно до його осі і виконано у вигляді привідної оправки 7 з індивідуальним приводом (на кресленні не показано), двох конічних гофроутворюючих коліс 8, механізму радіального підтиску 9, рух якого у горизонтальній площині здійснюється за допомогою рукоятки 10.

Механізм калібрування гвинтової гофрованої заготовки 11 виконано у вигляді оправки 12 на якій жорстко встановлена конічна калібрувальна шестірня 13, яка з правого торця є у взаємодії з гофрованою гвинтовою заготовкою 11, а та, в свою чергу, з правої сторони є у взаємодії з притискнутою калібрувальною шестірнею 14, яка встановлена на шліцах оправки і підтиснута гайкою 15 з можливістю регулювання зазору між калібрувальними конічними шестернями. Причому ширина підтиску конічної калібрувальної шестірні 14 є меншою кроку гвинтової гофрованої заготовки 16. Крім цього, під калібрувальними конічними шестернями 13 і 14 встановлено півкруглий жолоб 17, який є у взаємодії з гвинтовою гофрованою заготовкою 16.

Органи керування процесом навивки, гофроутворення і приводом розміщені на панелі 18, яку встановлено на станині. Верстат дозволяє здійснювати виготовлення гвинтових гофрованих заготовок 16 декількох типорозмірів, тому оправка 12, калібруючі конічні колеса 13 і 14, гофроформування колеса 8 є змінними елементами. Для попередження поломки вузлів і елементів приводу між двигуном і коробкою швидкостей встановлена запобіжна муфта 19.

Гофроформування колеса 8 механізму гофроутворення виконані у вигляді конічних зубчатих коліс з можливістю регулювання зміни кута їх зачеплення відомим способом. Крім цього, на вході подачі плоскої стрічкової заготовки 20 між двома гофроформуваннями колесами 8 встановлено індуктор 21, який охоплює і в разі потреби нагріває плоску стрічкову заготовку, що подається, відомої конструкції з можливістю її відносного переміщення.

Робота верстата для виготовлення гвинтових гофрованих заготовок здійснюється наступним чином. Плоску заготовку 20 встановлюють в індукторі 21 і між двома

гофроформувальними колесами 8, після їх нагрівання і проходження утворюється прямолінійна гофрована стрічка 11, кінець якої встановлюють в щілину між двома калібрувальними конічними шестернями 13 і 14, які прокручуючись калібрують гвинтову гофровану заготовку 16 і подають її в півкруглий жолоб 17, і вона надходить на вихід верстата в тару.

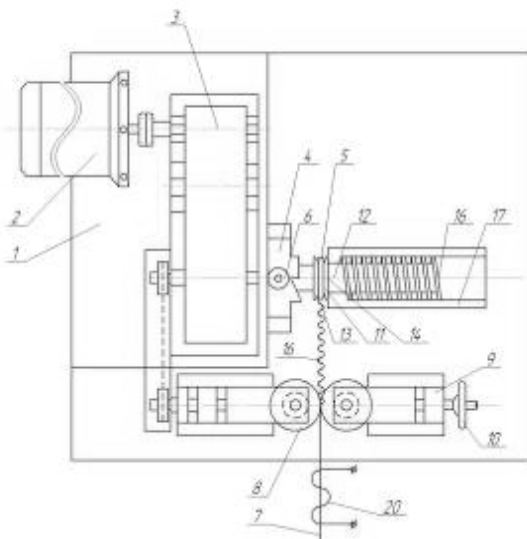
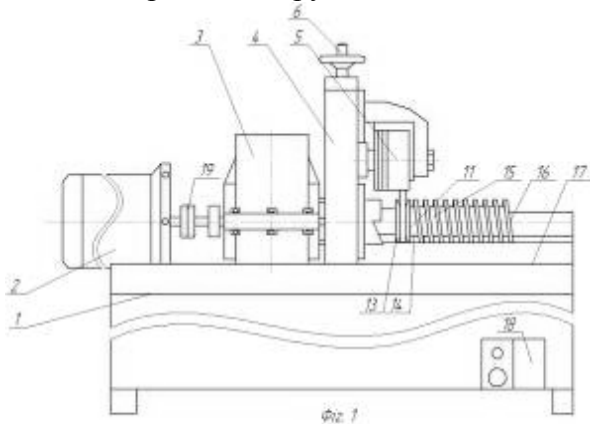


Рисунок 1. Верстат для виготовлення гвинтових гофрованих заготовок

Після завершення процесу навивання гофровану заготовку знімають з жолоба 17. Навивання нової заготовки здійснюється аналогічно до попередньої.

До переваг верстата для виготовлення гвинтових гофрованих заготовок належить розширення технологічних можливостей верстата і підвищення продуктивності праці.

Обкатний верстат для виготовлення гвинтових гофрованих заготовок, зображено на рис.2, який виконано у вигляді станини 1, до якої жорстко закріплені обкатні шпинделі 2 і 3, які встановлені під кутом один до одного з можливістю змінювати кут між ними відомим способом. На кінцях обкатних роликів 2 і 3 жорстко відомим способом закріплені конічні формувальні інструменти 4 і 5 відповідних параметрів з формувальними виступами 6 і впадинами 7. Де навпроти кожного виступу є відповідна впадина відповідних збільшених розмірів та товщину заготовки. Для правильного направлення заготовки 8 в зону деформації використовують упорну шайбу 9, діаметр якої є більшим зовнішнього діаметра ведучого конічного формуючого інструмента 5 на 5...10 мм. Крім цього верстат оснащений токарним патроном 10 і заднім центром 11 для підтримки вала 12, на який накручується гвинтова заготовка 13.



Конічні зубчасті формуючі інструменти



Пара зубчастих конічних формуючих інструментів

Рисунок 2. Конструкції змінних конічних коліс для виготовлення відповідних гофрованих гвинтових робочих органів



$$P_3 = \frac{4bS^2(1,5 + \varepsilon_b)\sigma_b}{6\left(\frac{t_3}{2} - a_3 - 2r_3 \cdot \sin \alpha\right)};$$

$$P_B = \frac{4bS^2(1,5 + \varepsilon_b)\sigma_b}{6\left(\frac{t_B}{2} - a_B - 2r_B \cdot \sin \alpha\right)}.$$

де,  $P_3$ ,  $P_B$  - відповідно зусилля гороутворення по більшому і меншому радіусах;  $t_3$ ,  $t_B$  - крок зубів на зовнішньому і на внутрішньому діаметрах конічних зубчастих коліс;  $a_3$  і  $a_B$  - величини прямолінійних ділянок зубів на зовнішньому і на внутрішньому діаметрах конічних зубчастих коліс;  $r_3$  і  $r_B$  - радіуси заокруглення при вершинах зубів на зовнішньому і на внутрішньому діаметрах конічних зубчастих коліс;  $\varepsilon_b$  - відносне видовження матеріалу в початковий момент утворення шийки;  $\sigma_b$  - тимчасовий опір розриву;  $b$  - ширина стрічки;  $S$  - товщина стрічки.

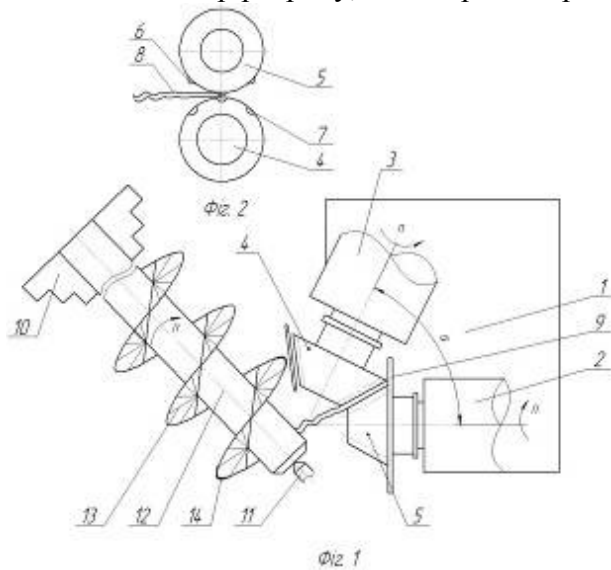


Рисунок 3. Обкатний верстат для виготовлення гвинтових гофрованих заготовок

Робота обкатного верстата для виготовлення гвинтових гофрованих заготовок, здійснюється наступним чином. Спочатку здійснюють нарізання стрічок певної ширини, товщини і довжини з листа сталі 08КП чи Ст3. Після цього стрічкова заготовка 8 подається в зону формоутворення між конічними формувальними інструментами 4 і 5 по упорній шайбі 9. При обертанні конічних формувальних інструментів 4 і 5 заготовка 9 захоплюється і при цьому здійснюється процес формоутворення гвинтової гофрованої заготовки 13 по формувальних зубах. При цьому висота гофрів по внутрішньому діаметру є більшою, ніж по зовнішньому, що забезпечує утворення гвинтової спіралі.

Процес гофроутворення поєднано з навиванням гофрованої заготовки 13 на вал 12, до якого вона приварюється і при цьому здійснюється її калібрування за допомогою регульовальних упорів 14, які розміщені в зоні заходу гвинтової гофрованої заготовки 8 з можливістю регулювання відомим способом. Крім цього верстат оснащений механізмом регулювання величини кута між шпинделями 4 і 5 відомим способом (на кресленні не показано).

В результаті досліджень встановлено, що обкатні верстати на виробництві завантажені мало, тому процес формоутворення гвинтових гофрованих заготовок дає можливість збільшити їх завантаження. Крім цього розробка забезпечує розширення технологічних можливостей обкатних верстатів, підвищення якості продукції і продуктивності праці.

### Література

1. Патент №67137 Україна «Верстат для виготовлення гвинтових гофрованих заготовок». Гевко Б.М. та інші. Бюл.№3, 2012.
2. Патент №118405 Україна «Обкатний верстат для виготовлення гвинтових гофрованих заготовок». Котик Р.М. та інші. Бюл.№15, 2017.

УДК621.86

О.П. Маруніч

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ГВИНТОВИЙ ЗМІШУВАЧ З ПІДНІМАЛЬНО-ПЕРЕСИПНИМ МЕХАНІЗМОМ

О.Р. Marunich

### GWIN MIXER WITH LONG-TERM MECHANISM

Технологічні процеси змішування є складними, механізм дії яких головним чином залежить від конструкції робочих органів, реологічних властивостей компонентів змішування і може бути достовірно описаний лише за законами теорії ймовірності. Вирішення цієї проблеми вимагає: створення високоефективних методів і технологічних схем змішування в процесі транспортування, засобів механізації і автоматизації, розробки нових робочих органів та конструкцій змішувального обладнання.

Для підвищення якості змішування порошкових матеріалів і зменшення габаритів змішувачів досить часто використовують процес змішування в замкнутому режимі, коли порошковий матеріал декілька разів переміщується по робочих елементах змішувачів. Для здійснення цього процесу розроблено змішувач гвинтовий з піднімально-пересипним механізмом на рис.1, який виконано у вигляді рами 1, на якій жорстко закріплена опора 2, а зверху на ній встановлено механізм регулювання кута нахилу 3 гвинтового змішувача. До механізму регулювання жорстко закріплено корпус гвинтового змішувача з транспортною трубою 5 з можливістю зміни положення кута нахилу, знизу до якої жорстко до корпусу закріплено електродвигун 6.

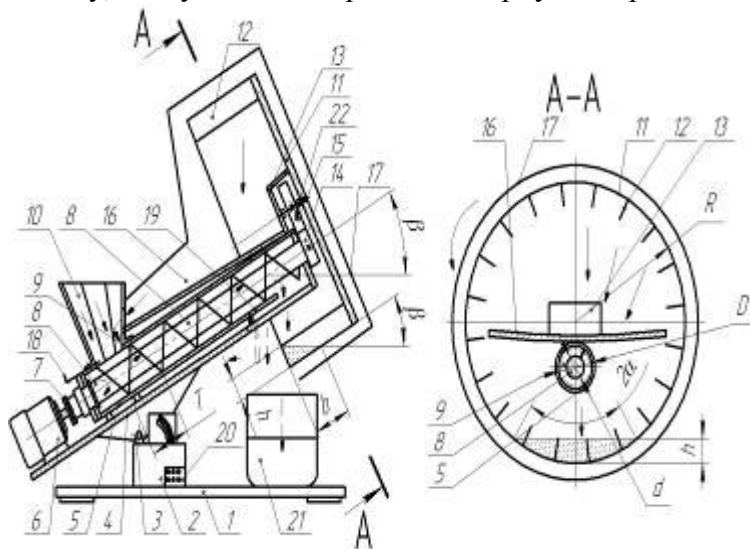


Рисунок 1. Змішувач гвинтовий з піднімально-пересипним механізмом

До приводного вала електродвигуна 6 через запобіжну муфту 7 під'єднано вал 8, до якого жорстко закріплено гвинтовий робочий орган 9. На транспортній трубі 5 встановлено бункер 10 з шиберами 18.

В зоні верхнього кінця гвинтового робочого органу 9 на валу приводу 22, паралельно до вала 8 з гвинтовим робочим органом, жорстко встановлено приводний диск 11 піднімально-транспортного механізму круглої форми з можливістю кругового провертання.

По периферії приводного диска, перпендикулярно до його площини, зі сторони верхнього кінця транспортної труби 5 рівномірно по колу встановлені ємності 12 у вигляді прямокутних призм, які відкриті з середини. При цьому вал приводу 10 приводного диска 11 жорстко встановлено у верхній частині 13 корпусу 4 з можливістю кругового провертання, а його привід здійснено від шестерні 14 вала 8 на шестерню 15 приводного вала 10, яка жорстко на ньому закріплена.

Крім цього зверху над циліндричною трубою 5 встановлена скатна півкругла труба 16, лівий кінець якої з'єднаний з зоною завантаження змішувача, а правий з зоною розвантаження прямокутних ємностей 12. Піднімально-пересипний механізм з ємностями разом зі скатною півкруглою трубою герметично закриті металічним корпусом 17. На вході змішувача під бункером 10 встановлено шибер 18, а на виході шибер 19. Управління роботою змішувача здійснюється з пульта керування 20, а готовий змішуваний матеріал зсипається в ємність 21.

Робота гвинтового змішувача з піднімально-пересипним механізмом здійснюється наступним чином. В бункер 10 засипають складники сипких матеріалів змішування в заданих пропорціях. Сипкий матеріал поступає по стрілках на шнек 9, який обертається і при його обертанні шнека матеріал змішується, переміщається вгору і при закритому шибері 19 поступає в ємності 12. При обертанні поворотного диска 11 піднімально-пересипного механізму він піднімається вгору і висипається на скатну півтрубу 16 і зсипається вниз в зону додаткового змішування. При готовності до використання порошкового змішаного матеріалу шибер 19 відкривають і цей матеріал зсипається в ємність 21.

Загальна продуктивність кормозмішувача  $Q_3$  визначаємо за залежністю

$$Q_3 = \frac{\varphi k_1 \omega T}{8} (D^2 - d^2),$$

де  $\varphi$  – коефіцієнт заповнення міжвиткового об'єму гвинтового робочого органу;  $k_1$  – коефіцієнт, який враховує зміну продуктивності транспортування від просипання через проміжки та перекидання суміші через гвинт для нахилених транспортерів;  $\omega$  – кутова швидкість гвинтового робочого органу, рад/с;  $D$  – зовнішній діаметр гвинтового робочого органу, мм;  $d$  – внутрішній діаметр гвинтового робочого органу, мм;  $T$  – крок гвинтового робочого органу, мм.

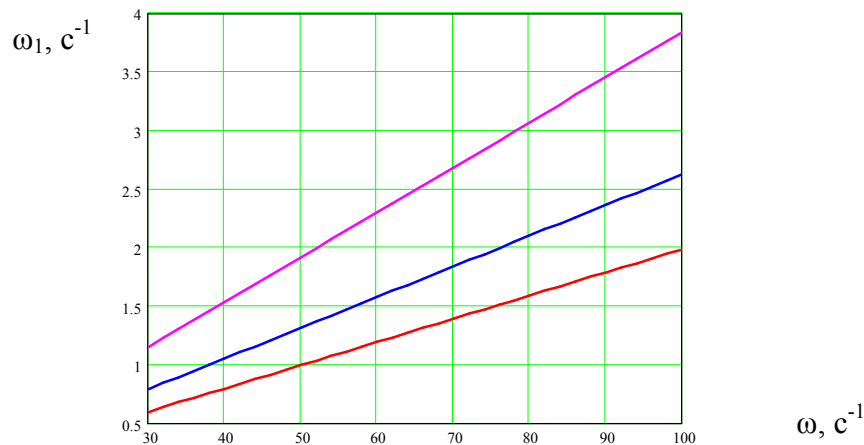


Рисунок 2. Графік залежності мінімальної кутової швидкості обертання піднімально-пересипного механізму від кутової швидкості гвинтового робочого органу: 1 –  $\beta=15$ град; 2 –  $\beta=20$ град; 3 –  $\beta=30$ град

### Література

1. Пат. №124666 Україна МПК В01F 7/08 “ Гвинтовий змішувач з піднімально-пересипним механізмом ” / Ляшук О.Л., Клендій В.М., Мельничук С.Л., Марунич О.П. Заявник і патентовласник Ляшук О.Л., Клендій В.М., Мельничук С.Л., Марунич О.П. № u201700996, заявл. 27.03.2017, опубл. 25.04.2018, бюл. №8/2018. (частка всіх авторів однакова).

2. Пат. №128017 Україна МПК В01F 7/00 “ Універсальний гвинтовий змішувач ” / Марунич О.П. Заявник і патентовласник Марунич О.П. № u 201803717, заявл. 06.04.2018, опубл. 27.08.2018, бюл. №16/2018.

**УДК 621.3+62-83**

**І.І. Гойчак**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ЕТАПИ МАШИННОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ПРИВОДІВ МЕТАЛОРИЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ**

**І.І. Hoichak**

### **STAGES OF COMPUTER-AIDED ENGINEERING AT PROJECTION OF DRIVES OF MACHINE TOOLS**

При проектуванні металорізальних верстатів широко використовується системний підхід, який дозволяє здійснити побудову складних технічних систем з урахуванням максимальної кількості різних факторів.

Надзвичайно важливим завданням при проектуванні є розробка математичної моделі. Вихідною інформацією при побудові математичних моделей є дані про призначення і умови роботи досліджуваної (проектованої) системи. Ця інформація визначає основну мету моделювання системи і дозволяє сформулювати вимоги до розробленої математичної моделі.

Процес проектування складних технічних систем передбачає проходження кількох взаємопов'язаних етапів. Сучасні підходи до проектування передбачають широке використання машинного моделювання.

При машинному моделюванні здійснюється побудова концептуальної моделі системи і її формалізація. Основним призначенням цього етапу є перехід від змістовного опису об'єкта до його математичної моделі, іншими словами, здійснити процес формалізації. Моделювання систем на ЕОМ в даний час - найбільш універсальний і ефективний метод оцінки характеристик великих систем, до яких відносяться металорізальні верстати.

На другому етапі моделювання - етапі алгоритмізації моделі і її машинної реалізації - математична модель, сформована на першому етапі, втілюється в конкретну машинну модель. Цей етап є етапом практичної діяльності, спрямованої на реалізацію ідей і математичних схем у вигляді машинної моделі процесу функціонування системи.

На третьому етапі моделювання - етапі отримання і інтерпретації результатів моделювання - ЕОМ використовується для проведення робочих розрахунків за складеною і відлагодженою програмою. Результати цих розрахунків дозволяють проаналізувати і сформулювати висновки про характеристики процесу функціонування модельованої системи. Для реалізації даного підходу можна використовувати готові програмні засоби моделювання на персональному комп'ютері. Проведений огляд літературних джерел та Інтернет-пошук показав, що провідні фірми, які займаються розробкою новітнього обладнання використовують системи схемотехнічного моделювання Elektronik Workbench, PSpice та ін. При цьому мало використовується потужна комп'ютерно-моделююча система VisSim. Ця система має широкі можливості та ряд переваг щодо дослідження й аналізу динамічних характеристик електроприводу.

У програмному середовищі VisSim нами здійснено формування математичної моделі згідно із розробленою структурою досліджуваної системи, її керуючих та технічних параметрів, при цьому враховувався характер складових елементів досліджуваної системи та зв'язків між ними. Також було встановлено характер перехідних процесів на етапах пуску та зупинки електродвигуна головного руху верстата.

**УДК 621.914**

**М.Р. Паньків канд.тех. нук, доц., О.В. Гнот**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ РЕЖИМІВ ТОЧІННЯ ІНСТРУМЕНТАМИ З НАДТВЕРДИХ МАТЕРІАЛІВ**

**M.R. Pankiv Ph.D, Assoc. Prof., O.V. Gnot**

### **INVESTIGATION OF OPTIMAL MODES OF ACCURACY MATERIALS**

Надтверді матеріали (НТМ) є сучасним наукомістким високотехнологічним продуктом, що є важливою ланкою у вирішенні питань ефективної металообробки важкооброблюваних матеріалів. Завдяки унікальним властивостям НТМ широко застосовуються в сучасному машинобудуванні, як ефективний інструментальний матеріал. Діляться надтверді матеріали на дві групи: композиційні матеріали, виготовлені на основі нітриду бору (композити), і полікристалічні і монокристалічні синтетичні алмази.

Полікристалічні алмази випускають наступних марок: АСБ - типу балас; АСПК - типу карбонадо; СВ, СВАБ, СВС - тип СВ алмазне спікання, композиція нітриду бору і алмазних порошків. Полікристалічне будова алмазів дозволяє їм володіти високою динамічною міцністю і ізотропною механічних властивостей, що дозволяє використовувати лезовий інструмент, оснащений вставками з алмазу, при обробці важкооброблюваних і особливо міцних матеріалів. Монокристалічні алмази виробляють двох марок: АСТ і САМ. З марки САМ виготовляють ріжучий інструмент для обробки радіотехнічної кераміки, напівпровідникових матеріалів, висококремістих кольорових сплавів, марка алмаза АСТ використовується для виготовлення наконечників вимірювальних приладів.

Для виготовлення лезового інструмента використовують природні і синтетичні матеріалів. В якості природної сировини використовують високо якісні алмази. Крім високої твердості алмаз має високу зносостійкість, добру теплопровідність і малий коефіцієнт тертя. Тонке точіння алмазними різцями може забезпечити шорсткість поверхні до  $Ra = 0,025$  мкм. Крім того, полікристалічні зерна, на відміну від монокристалів, мають ізотропні фізико-механічні властивості. Твердість полікристалічних алмазів близька до монокристалічних, а міцність їх на згин в 2-3 рази вище. Різцями з цих матеріалів можна знімати поверхневий шар покриттів із значними макровідхиленнями профілю, що разом з неоднорідністю структури і властивостей покриттів наводить до великих динамічних навантажень на ріжуче лезо.

Одним з ефективних шляхів підвищення працездатності різального інструменту являється нанесення на його робочі поверхні зносостійких покриттів. До загальних вимог, що ставляться до зносостійких покриттів, належать: висока щільність і суцільність покриття, що забезпечують захист матеріалу інструменту від взаємодії з оброблюваним матеріалом і навколишнім середовищем; стабільність властивостей покриття в часі; малі коливання товщини покриття в межах робочих поверхонь, що дозволяють зберегти високу геометричну точність інструменту, можливість отримання покриттів гранично простим і економічним способом. Проблемні завдання підвищення точності, якості та продуктивності обробки поверхонь деталей інструментами з композитів вирішуються шляхом керування положенням ріжучої частини інструмента щодо оброблюваної переривчастою поверхні заготовки, за рахунок оптимізації конструктивних параметрів і режимів різання. Останні тісно пов'язані з розмірною стійкістю інструменту, точністю, собівартістю і продуктивністю процесу.

**УДК 631.42**

**А.І. Горбоніс, В.І. Піхоцький; Н.І. Хомик, канд. техн. наук, доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ОБҐРУНТУВАННЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ КОНСТРУКЦІЇ КОРПУСА ПЛУГА**

**A.I. Gorbonis; V.I. Pikhockyy; N.I. Khomyk, Ph.D., Assoc. Prof.**

## **REINFORCEMENT OF AN UPGRADED CONSTRUCTION OF THE BODY OF THE PLOW**

Проблема основного обробітку ґрунту, відповідно до агротехнічних вимог, була і залишається актуальною. Традиційна система основного обробітку ґрунту, що базується переважно на застосуванні ґрунтообробних знарядь полицевого типу, зазнає істотних змін. З'явилися нові конструкції плугів, які дозволяють отримати суттєві переваги при використанні їх у певних умовах. Але розробити універсальну конструкцію, здатну працювати всюди і за будь-яких умов не можливо. Тому, ґрунтообробні знаряддя, такі як, плуги, плоскорізи, чизелі та інші проектують під конкретні ґрунтово-кліматичні умови [1].

Лемішно-полицеві плуги є основними знаряддями для глибокого механічного обробітку ґрунту з обертанням скиби – оранки.

Плужний корпус виконує основні операції оранки – підрізає скибу знизу, кришить, розпушує і обертає її. Робочими органами корпусу є леміш і полиця, які кріплять безпосередньо до стовби чи башмака, який приєднують до стовби. До стовби чи башмака кріплять також польову дошку, яка є допоміжною частиною плужного корпусу і забезпечує його стійке положення.

Корпусні плуги зазнають найбільшого питомого опору ґрунту, є найбільш метало- та енергомісткими знаряддями з усіх ґрунтообробних. Крім того, зазнають значного зношування їх основні робочі органи – леміш і полиця [1].

На основі проведеного огляду конструкцій та патентного пошуку запропоновано конструкцію корпусу плуга, яка має забезпечувати підвищення надійності роботи і зменшення навантаження. Корпус такого плуга складається із стійки, полиці, лемеша і шарнірно зв'язаної зі стійкою польової дошки. Вертикальний шарнір розміщений у передній частині польової дошки, яка спирається на демпфер.

Корпус плуга працює так. Заглиблений у ґрунт корпус плуга своїм лемешем підрізає і частково кришить пласт, а полицею здійснює подальше кришіння і вкладання пласта у борозну. Польова дошка сприймає змінне бокове навантаження від пласта ґрунту, при цьому завдяки шарніру і гумовому демпферу польова дошка здійснює коливання у горизонтальній площині, що знижує спрацювання її робочої поверхні. Інтенсивність спрацювання значно зменшується від передньої частини польової дошки до задньої завдяки розташуванню шарніра у передній частині дошки, так як зменшується нормальна складова сили переміщення при віддаленні від центру обертання польової дошки. Польова дошка з шарніром у передній частині не забивається ґрунтом або твердими включеннями.

Розроблену конструкцію запропоновано встановити на плуг ПЛН-3-35 для використання в умовах лісостепової зони України.

Після встановлення таких корпусів необхідно перевірити технічний стан робочих органів плуга: перевірити візуально зношування польового обрізу грудини полиці (при зношуванні грудини полиці до відкриття башмака, полиця підлягає заміні); перевірити візуально зношування полиць корпусів та передплужників у зоні

кріпильних отворів і замінити ці деталі у випадку зношування до неможливості їх закріплення; перевірити наявність вм'ятин, пруг на дисковому ножі та биття ножа; допускається зминання кромки ножа на глибину до 2 мм на ширині до 15 мм; наявність пруг не допускається; радіальне биття дискового ножа не повинно перевищувати 6 мм, торцеве – 5 мм; перевірити зношування поверхні польових дошок. Для цього вимірюють товщину польової дошки у незношеній частині та у місці максимального зношування. При різниці розмірів більше 5 мм польову дошку потрібно повернути і закріпити; при двосторонньому зношуванні – замінити; перевірити зношування лемешів корпусів та передплужників, при цьому: ширина лемеша повинна бути не менше 90 мм, а передплужника 70 мм; зношування носової частини лемеша корпуса допускається до розміру не менше 200 мм від осі першого кріпильного отвору до носка; перевірити загострення лез лемешів корпусів, передплужників та дискового ножа; при цьому товщина кромки леза лемеша не повинна перевищувати 1 мм; дискового ножа – не більше 0,5 мм; у разі необхідності загострення лемешів виконують з верхньої сторони під кутом 15...25°. Якість загострення лемешів перевіряють шаблоном [2].

Перевірити збирання корпусів та передплужників. Перевірити за допомогою щупа зазор між лемешем і полицею з робочої сторони. Допустима величина зазору 1 мм; перевірити за допомогою щупа виступання полиці над лемешем. Виступання полиці над лемешем не допускається. Виступання лемеша відносно полиці допускається до 2 мм. Перевірити виступання лемеша за польовий обріз полиці: допускається у корпуса до 5 мм, у передплужника – до 3 мм. Виступання польового обрізу за лемеш не допускається. Перевірити візуально виступання стійки корпуса за польовий обріз полиці і лемеша. Сійка корпуса повинна бути в площині полиці та лемеша. Перевірити виступання або затоплення головок болтів кріплення лемеша, полиці та польової дошки над їх робочими поверхнями. Виступання головок болтів не допускається; затоплення головок болтів над поверхнею полиці, лемеша та польової дошки допускається до 1 мм. Відхилення параметрів від технічних вимог усувають заміною деталей. Використання гумового елемента, як демфера дозволить покращити очищення польової дошки під час роботи, зменшити її спрацювання при суттєвих навантаженнях.

Внесенні конструктивні зміни не позначаються на основних регулюваннях плуга, за виключенням підбору жорсткості демфера.

Використання такого корпуса плуга дозволить за рахунок усунення забивання польової дошки знизити тяговий опір, підвищити строк служби шарніра завдяки зменшенню його спрацювання.

Плуг ПЛН-3-35 із удосконаленими корпусами може бути переналагоджений, як і базова модель, на ширину захвата 90 або 105 см.

Введені зміни не погіршують умов міцності конструктивних елементів корпуса плуга. Удосконалений корпус плуга можна комплектувати серійними стояками, що підвищує ступінь уніфікації конструкції і значно здешевлює модернізацію.

За результатами тягового розрахунку спроектований плуг можна агрегатувати з тракторами тягового класу 14кН (МТЗ-82). Теоретична робоча швидкість – 8,3км/год.

Використання удосконаленого агрегату сприяє також економії паливно-мастильних матеріалів і зменшенню затрат праці.

### **Література**

1. Карпенко А.Н., Халанский В.М. Сельскохозяйственные машины. – М.: Агропромиздат, 1989. – 537 с.
2. Сельскохозяйственные машины и основы эксплуатации машинно-тракторного парка /Б.Н. Четыркин, З.И. Воцкий, Н.Г. Поликутин и др. – М.: Агропромиздат, 1989. – 336 с.

**УДК 624.**

**С.О. Григорчук**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ РІЗНИХ СИСТЕМ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ У СУЧАСНОМУ БУДІВНИЦТВІ**

**S.O. Grigorchuk**

### **AN ANALYSIS OF VARIOUS HEAT INSULATION SYSTEMS EFFICIENCY IN MODERN CONSTRUCTION**

У сучасному будівництві, для забезпечення нормативних теплотехнічних показників у конструкції теплоізоляції використовують сучасні ефективні утеплювачі, такі як пінополістирол і мінераловатні вироби на основі базальтового волокна. Фізико-механічні й теплотехнічні показники таких утеплювачів наведені в таблиці 1.

Системи теплоізоляції з пінополістирольним утеплювачем порівняно з мінватою мають меншу масу і дають значну економію фінансових коштів. Головним недоліком пінополістиролу є його горючість. В Україні його використання істотно обмежене. Мінераловатна фасадна теплоізоляція є найбільш перспективною для утеплення будівель і актуальною для наукових та експериментальних досліджень

Таблиця 1. Технічні вимоги до теплоізоляційних матеріалів

Назва показника	Величина показника для плит на	
	органічній основі	мінеральній основі
Густина, кг/м <sup>3</sup> , не менше	15	150
Теплопровідність при 25 °С, Вт/м <sup>2</sup> ·К, не більше	0,039	0,032 ÷ 0,045
Границя міцності на стиск при 10% деформації, МПа, не менше	0,08 ÷ 0,1	0,05 ÷ 0,07
Границя міцності при розтягуванні у напрямку товщини плити, МПа, не менше	0,08 : 0,1	0,02
Паропроникність, мг/м·год·Па, не менше	0,05	0,08
Відхилення розмірів плити, мм/м:		
– за довжиною	±2	±3
– за шириною	±2	±2
– за товщиною	+1	+2
Різниця за довжиною діагоналей, мм, не більше	4	5
Термін ефективної експлуатації	Не менше 25 умовних років	Не менше 25 умовних років

У роботі досліджено фізичні властивості, практичні аспекти застосування та процеси теплопередачі через утеплені стінові конструкції будівель. Виконано порівняльні аналізи різних систем теплоізоляції. Виявлено залежність теплотехнічних характеристик сучасних теплоізоляційних будівельних матеріалів від їх фізико-механічних властивостей (густина, умов експлуатації, коефіцієнта теплопровідності, тощо).

#### **Література**

1. ДБН В.2.6-31:2006. Теплова ізоляція будівель. К.: Мінбуд України, 2006.-66с.
2. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Класифікація і загальні технічні вимоги: ДСТУ Б В.2.6-34:2008. - К.: Мінрегіонбуд України, 2009.-12 с. - (Національні стандарти України).



УДК 631.356.2

Ю.В. Грицай

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЗАВАНТАЖУВАЛЬНОГО БУНКЕРА ТРАНСПОРТЕРА-ПОДРІБНЮВАЧА

Yu.V. Gritsay

## MATHEMATICAL MODEL OF FUNCTIONING OF DOWNLOADING BUNKER OF A TRANSPORTATION MANAGER

Для розробки математичної моделі функціонування завантажувального бункера шнекового транспортера-подрібнювача формалізуємо об'єкт дослідження наступним чином: основна (верхня) частина бункера, або завантажувальна горловина 1 (рис. 1) має форму усіченої прямокутної піраміди, висоту якої позначимо через  $h_z$ , при цьому верхня основа має розмірні параметри  $b_z \times a_z$ ; нижня частина, або вихідна горловина 2 має форму прямокутного паралелепіпеда, висоту якого позначимо через  $h_o$ , при цьому нижня основа має розмірні параметри  $b_o \times a_o$ ; коренеплоди в просторі бункера переважно займають положення, яке близьке до горизонтального – поздовжня вісь тіла коренеплоду паралельна, або близька до горизонту.

Позначимо кількість коренеплодів, які надходять в основну частину (завантажувальну горловину) бункера в відносному часі  $t$  через  $G_n(t)$ , кількість коренеплодів, які накопичено в бункері в проміжній стадії виробничого циклу, або запас коренеплодів – через  $G_z(t)$ , а кількість коренеплодів, які виходять з вихідної горловини, або споживання із запасу – через  $G_c(t)$ . При цьому запас коренеплодів  $G_z(t)$  і утримуюча здатність цього запасу характеризують накопичення матеріалу під час виконання операції надходження коренеплодів у завантажувальну горловину та споживання коренеплодів із запасу, а сам запас дозволяє компенсувати наслідки збурення в потоках.

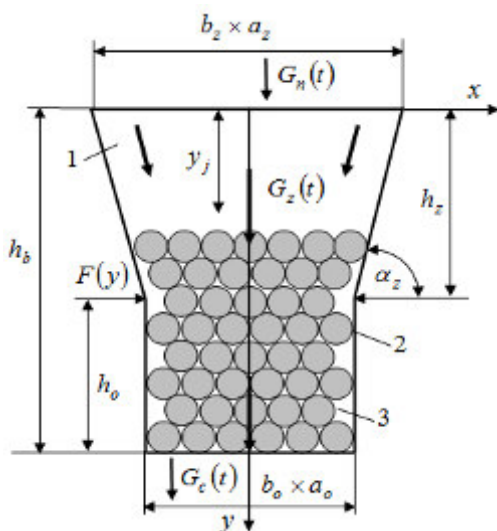


Рисунок 1. Схема до розрахунку параметрів завантажувального бункера: 1 – завантажувальна горловина; 2 – вихідна горловина; 3 – коренеплоди

Тоді зростання запасу коренеплодів буде забезпечуватися за умови  $G_n(t) > G_c(t)$ , а зменшення запасу за умови  $G_n(t) < G_c(t)$ .

У цьому контексті, рівняння яке характеризує результуючий масовий розхід зміни запасу матеріалу матиме вигляд

$$\frac{dG_z(t)}{dt} = \sum G_z = G_n(t) - G_c(t) = \Delta G_z(t), \quad (1)$$

де  $\Delta G_z(t)$  – залишковий запас коренеплодів у проміжній стадії виробничого циклу.

Для подальшого аналізу виразимо існуючі уявні технологічні потоки через реальний продукт, або відповідний кількісний масовий потік коренеплодів, при цьому:

- масова кількість коренеплодів  $G_n(t)$ , які надходять в завантажувальну горловину бункера в відносному часі  $t$  буде становити:

$$G_n(t) = K_{1G_n}(t)m_{k1} + K_{2G_n}(t)m_{k2} + \dots + K_{iG_n}(t)m_{ki} = \sum_{i=1}^n [K_{1G_n}(t)m_{k1} + K_{2G_n}(t)m_{k2} + \dots + K_{iG_n}(t)m_{ki}]; \quad i=1, 2, \dots, n; \quad (2)$$

де  $K_{1G_n}, K_{2G_n}, \dots, K_{iG_n}$  – відповідно, кількість коренеплодів 1-ї, 2-ї, ...,  $i$ -ї розмірної масової фракції, які надходять у завантажувальну горловину бункера, шт;  $m_{k1}, m_{k2}, \dots, m_{ki}$  – відповідно, маса коренеплоду 1-ї, 2-ї, ...,  $i$ -ї розмірної фракції, які надходять у завантажувальну горловину бункера, кг; масова кількість коренеплодів, які накопичено в бункері, або запас коренеплодів  $G_z(t)$  у відносному часі  $t$  буде становити:

$$G_z(t) = K_{1G_z}(t)m_{k1} + K_{2G_z}(t)m_{k2} + \dots + K_{iG_z}(t)m_{ki} = \sum_{i=1}^n [K_{1G_z}(t)m_{k1} + K_{2G_z}(t)m_{k2} + \dots + K_{iG_z}(t)m_{ki}]; \quad i=1, 2, \dots, n; \quad (3)$$

де  $K_{1G_z}, K_{2G_z}, \dots, K_{iG_z}$  – відповідно, кількість коренеплодів 1-ї, 2-ї, ...,  $i$ -ї розмірної масової фракції, які накопичено в бункері, шт.; масова кількість коренеплодів, які виходять з вихідної горловини, або споживання із запасу  $G_c(t)$  у відносному часі  $t$  буде становити:

$$G_c(t) = K_{1G_c}(t)m_{k1} + K_{2G_c}(t)m_{k2} + \dots + K_{iG_c}(t)m_{ki} = \sum_{i=1}^n [K_{1G_c}(t)m_{k1} + K_{2G_c}(t)m_{k2} + \dots + K_{iG_c}(t)m_{ki}]; \quad i=1, 2, \dots, n; \quad (4)$$

де  $K_{1G_c}, K_{2G_c}, \dots, K_{iG_c}$  – відповідно, кількість коренеплодів 1-ї, 2-ї, ...,  $i$ -ї розмірної масової фракції, які виходять з вихідної горловини бункера, шт.

Підставивши значення (2.2)-(2.4) в рівняння (2.1), отримаємо:

$$\int \Delta G_z dt = \int \left[ \sum_{i=1}^3 [K_{1G_n}(t)m_{k1} + K_{2G_n}(t)m_{k2} + K_{3G_n}(t)m_{k3}] - \sum_{i=1}^n [K_{1G_c}(t)m_{k1} + K_{2G_c}(t)m_{k2} + K_{3G_c}(t)m_{k3}] \right] dt = \int \left[ \sum_{i=1}^3 \{ [K_{1G_n}(t) - K_{1G_c}(t)]m_{k1} + [K_{2G_n}(t) - K_{2G_c}(t)]m_{k2} + [K_{3G_n}(t) - K_{3G_c}(t)]m_{k3} \} \right] dt \quad (5)$$

Підставивши значення маси коренеплоду  $m_{k1}, m_{k2}, m_{k3}$ , відповідно, 1-ї, 2-ї та 3-ї розмірної фракції, які надходять в завантажувальну горловину бункера в інтегральний вираз (5), отримаємо:

$$\int \Delta G_z dt = \int \left[ \sum_{i=1}^3 \frac{\pi \gamma_k}{24} \left\{ [K_{1G_n}(t) - K_{1G_c}(t)] \frac{D_{k1}^3}{\text{tg}(0,5\alpha_{k1})} + [K_{2G_n}(t) - K_{2G_c}(t)] \frac{D_{k2}^3}{\text{tg}(0,5\alpha_{k2})} + [K_{3G_n}(t) - K_{3G_c}(t)] \frac{D_{k3}^3}{\text{tg}(0,5\alpha_{k3})} \right\} \right] dt. \quad (6)$$

Отримана залежність (6) є математичною моделлю, яку записано в загальному інтегральному вигляді та яка характеризує процес функціонування завантажувального бункера шнекового транспортера-подрібнювача в відносному часі  $t$ , або характер зміни між текучим залишковим запасом коренеплодів і результуючим масовим розходом зміни запасу матеріалу в завантажувальному бункері.

**УДК 621.835+621.8.028.3**

**Д.С. Гриценко, канд. техн. наук**

НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», Україна

**ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЙ КУЛАЧКОВИХ МЕХАНІЗМІВ  
ПЕРІОДИЧНОГО ПОВОРОТУ ТРАНСПОРТУВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ  
ТАМПОДРУКАРСЬКИХ МАШИН**

**D.S. Hrytsenko, Ph.D.**

**FEATURES OF CONSTRUCTIONS OF CAM MECHANISMS OF THE  
PERIODIC ROTATION OF TRANSPORTATION DEVICES OF PAD PRINTING  
MACHINES**

Технологічний процес друку та різноманіття задруковуваних виробів на тамподрукарських машинах визначає необхідність розробки нових кінематичних побудов циклових механізмів. Передусім, це стосується механізмів транспортування виробів у зону друку, для приводу яких використовуються крокові механізми. Специфіка їх використання визначається забезпеченням цілого ряду технічних вимог [1]. До основних з них слід віднести:

- забезпечення заданого співвідношення періоду вистою у процесі друку та періоду подавання виробу у зону друку;
- забезпечення точності позиціонування виробу відносно друкувальних ланок;
- забезпечення сприятливих динамічних характеристик.

При цьому у період вистою виробу у тамподрукарських машинах виконуються наступні технологічні операції:

- друкування на виробі (опускання та підйом друкувальної ланки – тампону);
- зняття задрукованого виробу та встановлення нового (на відповідну позицію);
- висушування задрукованого виробу (на одній або декількох позиціях).

Друкування на виробі є основною технологічною операцією, тому на стиск і відрив тампону від виробу повинно бути встановлено достатньо часу. Результатами експериментальних випробувань встановлено, що при скороченні періоду стиску тампону технологічні зусилля виникаючих сил пружності зростають. Аналіз технологічних операцій, які виконуються у період вистою, показав, що час вистою транспортувального механізму повинен складати 70-80% від часу кінематичного циклу. В той же час, при багатофарбовому тамподруці за технологією «друк по сирому», точність приводки фарбових відбитків повинна бути в межах  $\pm 0,05..0,10$  мм. Відповідно, механізм подавання виробів в зону друкування має забезпечувати таку точність позиціонування [2, 3].

Існуюча необхідність обмеження часу подавання виробів у зону друку до 20-30% від часу кінематичного циклу, а також необхідність забезпечення високої точності позиціонування збільшують вимоги до динамічних характеристик транспортувальних механізмів, вимагають використання динамічно сприятливих законів періодичного руху та поєднання таких механізмів з пружними ланками для локалізації дії сил інерції.

Такі вимоги визначають необхідність використання нових побудов механізмів приводу робочих ланок тамподрукарських машин. Для періодичного приводу транспортувальних пристроїв доцільно використовувати кулачкові механізми періодичного повороту [4]. Основною ланкою таких механізмів є кулачкова пара, яка визначає особливість їх побудови.

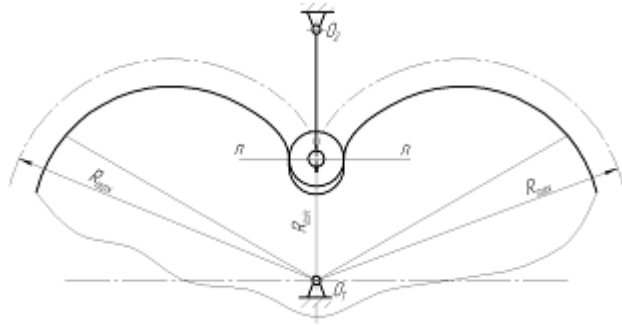


Рисунок 1. Кулачкова пара

Специфікою побудови кулачків кулачкових механізмів періодичного повороту є розрив його профілю по мінімальних радіусах-векторах на дві симетричні ділянки, одна з яких працює при розбігу, а друга при вибігу веденої маси (рис. 1). У момент переходу від розбігу до вибігу дійсний профіль кулачка має розрив, і в цьому місці кут тиску змінює знак [5, 6].

Така побудова кулачкової пари не дає можливості виконати повний поворот вихідної ланки одним кулачком без додаткових пристроїв. Це пояснюється схемами на рис. 2. При розбігу (рис. 2, а) і при вибігу (рис. 2, в) з роликком контактують ділянки профілю кулачка з радіусами-векторами  $R_i$ , які відповідно зменшуються та збільшуються. При переході ролика з першої ділянки на другу кут тиску  $\alpha$  змінює знак, змінюється напрямок обертання нормалі  $n-n$  відносно  $R_i$ . Мінімального значення кут  $\alpha$  набуває при мінімальному значенні радіусу-вектору  $R_{min}$ , яке отримується при розташуванні осі ролика на відрізку  $O_1O_2$ . У цьому положенні нормаль  $n-n$  до теоретичного профілю і вектор швидкості осі ролика направлені перпендикулярно до  $R_{min}$ , і ролик контактує одночасно з обома ділянками, як це показано

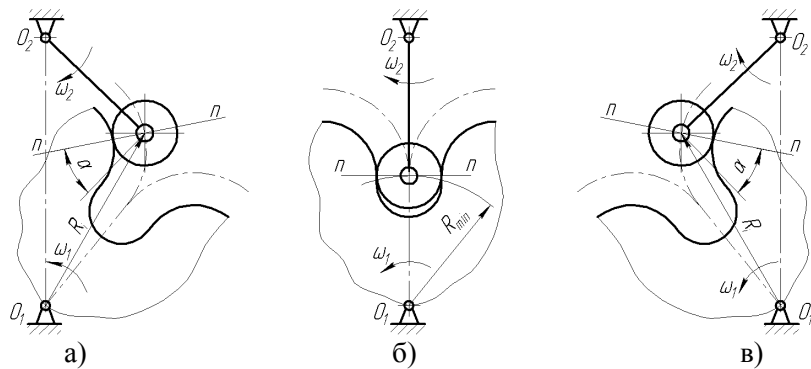


Рисунок 2. Схеми переходу ролика від розбігу до вибігу

на рис. 2, б.

Отже, проаналізовано проблеми, які виникають при побудові і експлуатації тамподрукарського обладнання, конструкцію кулачкової пари крокових механізмів приводу транспортувальних пристроїв виробів у зону друку, що показало особливість конструкції таких кулачкових механізмів періодичного повороту з метою покращення існуючих і створення нових побудов тамподрукарського обладнання.

#### 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. Кінематика привода конвеєра тамподрукарських машин / Д.С. Гриценко // Збірник наукових праць «Поліграфія і видавнича справа». – Л., 2009. – № 2 (50). – С. 40-47.
3. Гриценко Д.С. Динаміка привода крокового транспортера тамподрукарських машин / Д.С. Гриценко // Збірник наукових праць «Комп'ютерні технології друкарства». – Л., 2011. – № 25. – С. 264-273.
4. 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.
5. Гриценко Д. С. Конвеєр подання паковань у тамподрукарську машину (експериментальне дослідження крокового привода) / Д. С. Гриценко // Упаковка. – 2016. – №2. – С. 45–48.
6. 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.

УДК 621.391

**А.М. Гудима, Ю.А. Умзар, В.В. Лесів, А.С. Марценюк**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СИГНАЛІВ**

**A.M. Gudyma, Y.A. Umzar, V.V. Lesiv, A.S. Marcenjuk**

### **MATHEMATICAL MODEL OF DIGITAL PROCESSING OF RADAR SIGNALS**

Традиційно в радіолокації застосовуються вузькосмугові імпульсні або неперервні гармонійні сигнали. Прагнення отримати більшу кількість інформації про об'єкти призвело до використання в радіолокаційних системах надширокосмугових (НШС) радіолокаційних сигналів. Особливості випромінювання, поширення і відображення НШС сигналів унеможливує застосування оптимальних алгоритмів виявлення вузькосмугових сигналів для виявлення НШС радіолокаційних сигналів.

Головною відмінністю використання НШС зонduючих імпульсів від гармонійних вузькосмугових сигналів є зміна форми та тривалості НШС сигналу в процесі зондування протяжного об'єкту з радіально довгою, що перевищує роздільну здатність зонduючого імпульсу в просторі  $c \times \tau / 2$  (де  $c$  – швидкість світла,  $\tau$  – тривалість зонduючого імпульсу) [1]. Сигнал, відбитий від такого об'єкту, являє собою послідовність рознесених в часі сигналів, відбитих від різних “блискучих точок” об'єкту, кожен з яких в свою чергу є згортка з імпульсною характеристикою “блискучих точок” (рис. 1). Результат одиничного відображення від “блискучої точки”, а так само сума всіх відображень залежать від кутового положення цілі щодо РЛС.



Рисунок 1. Сигнал, відбитий від протяжного об'єкту

У зв'язку з неможливістю передбачити всі умови, що впливають на форму сигналу (або заздалегідь описати всі варіанти) при вирішенні задачі виявлення – форма відображеного НШС імпульсу на вході приймача вважається невідомою. Завдання виявлення сигналів, прихованих в шумах, досліджена досить докладно. Однак синтезовані оптимальні (і квазіоптимальні) виявники призначені для виявлення вузькосмугових сигналів гармонійної форми. Відсутність апріорної інформації про форму сигналу не дозволяє застосувати для його виявлення більшість відомих методів виявлення, а ті з них, які можуть бути застосовані для вирішення даного завдання, не є оптимальними. Таким чином, в НШС радіолокації виникає задача оптимального виявлення сигналу невідомої форми.

Хоча форма сигналів невідома, відомий період повторення зондувальних імпульсів. Крім того, при невеликих значеннях  $T$  (в порівнянні з часом зміни ракурсу об'єкту щодо РЛС) можна вважати, що деяка кількість сусідніх імпульсів на вході

приймача від одного і того ж об'єкту зберігають однакову форму. Використовуючи цю апіорну інформацію можна синтезувати оптимальний алгоритм виявлення періодичних сигналів невідомої форми на фоні адитивного білого шуму. Прийmemo тривалість сигналу (що визначається радіальною протяжністю об'єкту) за відому величину. У реальних ситуаціях, коли протяжність об'єкту апіорі невідома, дана проблема вирішується побудовою багатоканальної системи, де в кожному з каналів застосований алгоритм виявлення налаштований на певну радіальну довжину об'єкту. При цьому оцінюються потенційні втрати, пов'язані з кінцевим числом каналів. Для вирішення статистичної задачі виявлення радіолокаційного сигналу в шумах прийmemo наступні умови:

- на вході приймача діє адитивна суміш корисного сигналу  $s(t)$  і шуму  $n(t)$
- шум – випадковий стаціонарний процес, миттєві значення якого підпорядковані нормальному закону розподілу ймовірностей і характеризується нульовим середнім і середньоквадратичним відхиленням  $\sigma$ .

### **Література**

1. Моделирование в радиолокации / А.И. Леонов, В.Н. Васенев, Ю.И. Гайдуков и др.; Под ред. А.И. Леонова. – М.: Сов. Радио. - 1979, 264 с.
2. Бакулев П.А. Обработка сигналов с постоянным уровнем ложных тревог / П.А. Бакулев, Ю.А. Басистов, В.Г. Тугуши // Изв. высш. учебн. заведений. Радиоэлектроника. Том 32 .- 1989.-№4.
3. Жданюк Б.Ф. Основы статистической обработки траекторных измерений / Б.Ф. Жданюк. - М.: Сов. Радио, 1978. - 384 с.
4. Информационные технологии в радиотехнических системах: Учебное пособие / В.А. Васин, И.Б. Власов, Ю.М. Егоров и др.; Под ред. И.Б. Федорова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. – 672 с.
5. Калинушкин М.П. Вентиляторные установки / М.П. Калинушкин - М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1979 г.
6. Комкин А.И. Расчет систем механической вентиляции / А.И. Комкин, В.С. Спиридонов - М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. - 182 с.
7. Конторов Д.С. Введение в радиолокационную системотехнику / Д.С. Конторов, Ю.С. Голубев-Новожилов. — М.: Изд-во Сов. радио, 1971. - 366 с.
8. Кузьмин С.З. Основы проектирования систем цифровой обработки радиолокационной информации / С.З. Кузьмин. – М.: Радио и связь, 1986. – 352 с.
9. Оценивание дальности и скорости в радиолокационных системах /А.И. Канащенков, В.И. Меркулов, А.И. Перов и др.; под ред. А.И. Канащенкова и В.И. Меркулова. – М.: Радиотехника, 2004. – 312 с.
10. Радиолокационные системы многофункциональных самолетов: в 3 т. Т. 1: РЛС – информационная основа боевых действий многофункциональных самолетов. Системы и алгоритмы первичной обработки радиолокационных сигналов / А.И. Канащенков, В.И. Меркулов, А.А. Герасимов и др.; под ред. А.И. Канащенкова и В.И. Меркулова. – М.: Радиотехника, 2006. – 656 с.
11. Радиолокационные системы многофункциональных самолетов: в 3 т. Т. 3: Вычислительные системы РЛС многофункциональных самолетов / А.И. Канащенков, В.И. Меркулов, А.А. Герасимов и др.; под ред. А.И. Канащенкова и В.И. Меркулова. – М.: Радиотехника, 2007. – 280 с.
12. Ричард Лайонс. Цифровая обработка сигналов / Ричард Лайонс. - 2-ое изд. Пер. с англ. – М.: ООО Бином-Пресс, 2006 г. – 656 с.
13. Информационные технологии в радиотехнических системах: Учебное пособие / В.А. Васин, И.Б. Власов, Ю.М. Егоров и др.; Под ред. И.Б. Федорова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. – 672 с.

**УДК 621. 891**

**А.Б. Гупка, канд. техн. наук, Б.М. Заяць, М.Б. Карвацький.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**ТРИБОЛОГІЧНА НАДІЙНІСТЬ ВАЖКОНАВАНТАЖЕНИХ ПАР ТЕРТЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ГРУПИ В РЕЖИМАХ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ.**

**A.B. Gupka, Ph.D., B.M. Zajaz, M.B. Karvatskyu.**

**TRIBOLOGICAL RELIABILITY OF LARGE-LONG-TERM LANDSCAPES OF AGRICULTURAL GROUPS IN TRANSITION PROCESS MODES. RESEARCH METHOD AND CRITERIA OF EVALUATION.**

В загальній проблемі надійності і довговічності машин і механізмів особливе місце займає проблема трибологічної надійності важконавантажених пар тертя, вирішення якої гарантує вагомий техніко-економічний ефект і подальший прогрес в даній галузі науки і техніки. На сучасному етапі розвитку сільськогосподарського машинобудування, враховуючи кількісний ріст двигунів і значне зростання їх питомої потужності актуальною стає проблема підвищення задиро- і зносостійкості деталей робочих вузлів. Для вирішення актуальної науково-технічної проблеми запропоновано комплекс заходів по проектуванню, виготовленню та дослідженню поверхонь тертя гільз циліндрів. Запропоновано параметри для оцінки робочого профілю поверхонь гільз циліндрів, а також підбрано оптимальні режими обробки з метою скорочення періоду обкатки, зменшення енергетичних показників.

Із позицій основних положень структурно-енергетичної теорії тертя і зношування запропоновано системний підхід з використанням конструктивних і експлуатаційних заходів, комплексної методики дослідження. Приведені характеристики сучасних дослідницьких методик, критеріїв оцінки, в т.ч. контактного електроопору (КЕО) пар тертя.

Необхідно відмітити, що всі процеси для однієї трибосистеми взаємозв'язані і, протікаючи одночасно, є складним “комплексом” утворень, які витікають одні з інших. В залежності від типу пари тертя, геометрії взаємодіючих поверхонь, величини і характеру навантаження на них, матеріалу, з якого виготовлені дані пари тертя отримуємо різні триботехнічні ефекти, які впливають на механізм поверхневого руйнування. В конкретних випадках, коли необхідно перенести результати лабораторних досліджень на реальні вузли тертя використовуємо елементи теорії моделювання з врахуванням теплової динаміки процесу тертя і зношування.

Експериментальну оцінку основних показників трибологічного процесу отримують, як правило, на машинах тертя (трибометрах) з модельними вузлами тертя. При коректному виборі умов дослідження можна отримати достовірні характеристики досліджуваного процесу тертя і зношування. Для цього необхідно в модельному вузлі тертя, в порівнянні з реальним, забезпечити необхідні умови: в макроскопічному масштабі – геометричну подібність вузлів тертя і подібність параметрів навантаження (силових і температурних), в мікроскопічному масштабі – подібність механізмів зношування в зоні фрикційного контакту.

Одним з ефективних шляхів підвищення зносостійкості важконавантажених пар тертя є застосування металоплакуючих мастил (МПМ), які в певному діапазоні параметрів навантаження реалізують ефект металоплакування (МП).

**УДК 658.511**

**Л.М. Данильченко, канд. техн. наук, доц., Я.Т. Кушнір**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ІМІТАЦІЙНО-РЕОЛОГІЧНОЇ МОДЕЛІ ФУНКЦІОНАЛЬНО-ОРІЄНТОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ТП**

**L.M. Danylchenko, Ph.D., Assoc. Prof., Y.T. Kushnir**

### **RESEARCH OF SIMULATION-RHEOLOGICAL MODEL OF FUNCTIONAL-ORIENTED TP DESIGN**

Особливістю впровадження функціонально-орієнтованих технологій для ефективної реалізації методології PLM в машинобудуванні на основі принципу паралельного проектування є використання САФ-системи (Computer Aided Forming). В основі цієї системи покладені аналіз реологічної імітаційної моделі окремих технологічних переходів і комплекс функціональних модулів і аналітичних додатків формування точнісних, термодформаційних, мікрогеометричних і структурно-фазових параметрів оброблюваних поверхонь. Наповнення репозиторія даних шляхом вдосконалення цифрового макету виробу відбувається вже на стадії технологічної підготовки виробництва, а не в результаті проведення працемістких експериментальних досліджень. Для врахування особливостей експлуатації окремих деталей у вузлі або технологічній системі і забезпечення заданого, необхідного або граничного їх експлуатаційного потенціалу, необхідно реалізувати алгоритм прийняття рішень щодо вибору структури та параметрів технологічного процесу, виходячи з предиктивних можливостей САФ-системи.

Результатом роботи цієї системи є комплекс напружено-деформаційних, силових та термодинамічних параметрів різання, динаміка зміни кута зсуву та картина фазових перетворень на обробленій поверхні матеріалу. Це дає змогу здійснити прогнозування таких важливих експлуатаційних параметрів, як мікротопологія обробленої поверхні, залишкові напруження I і II роду, фізико-хімічний стан поверхневого шару тощо.

Узагальнений алгоритм синтезу технологій, що базується на ітераційних і рекурентних зв'язках, пов'язаний з САФ-системою в структурі CAD/CAPP/CAM, і процес проектування цих технологій базується на наступних етапах:

- формування цифрового макету виробу;
- формалізація умов забезпечення ефективного функціонування виробів;
- імітаційне реологічне моделювання напружено-деформованого, термодинамічного та структурно-фазового стану найбільш відповідальних поверхонь деталі в процесі їх формоутворення;
- імітаційне прогнозування функціонально-орієнтованих властивостей виробу;
- пресинтез структури та параметрів технологічного процесу і технологічного забезпечення об'єктно-орієнтованої технології;
- коригування і синтез структури технології на базі принципів функціонально-орієнтованих технологій;
- забезпечення параметрів або граничних властивостей виробу залежно від потенційних умов та особливостей його експлуатації в технологічній системі.

Для повноцінного функціонування САФ-системи, основаної на результатах імітаційно-реологічного моделювання технологічних переходів механічного оброблення деталей, необхідно сформувати базу даних та базу знань, які включають:

- формалізовану проблемно-орієнтовану інформацію щодо фізико-механічних характеристик оброблюваного та інструментального матеріалу (механічні та



термодифузійні характеристики, криві термодинамічного зміцнення матеріалів, їх структурно-фазовий стан до оброблення тощо);

- алгоритм вибору та методики розрахунку критерію руйнування;
- модель текучості матеріалу;
- метод ітераційного обчислення (Ньютона-Рафсена чи прямий ітераційний метод) та відповідний вирішувач (Skyline чи метод розріджених матриць) задач, сформованих за допомогою методу скінчених елементів;
- метод розрахунку похибки збіжності результатів;
- метод вибору генерування лагранжевої або ейлерової сітки для МСЕ аналізу;
- моделі наростоутворення та зношування інструменту.

Вхідними даними для розрахунку є: альтернативні варіанти структури та параметрів технологічних переходів; матеріал оброблюваної деталі, її геометричні характеристики; термодинамічний та структурно-фазовий стан поверхонь до оброблення; геометричні характеристики різального інструменту; матеріал різальної частини інструменту, його покриття; модель зношування різального леза. Крім того, для отримання якісних та адекватних результатів досліджень необхідно попередньо декларувати тип задачі: картини напружено-деформованого стану поверхонь в процесі формоутворення або моделювання залишкових напружень та деформацій.

В кожній із зазначених задач специфічно вибирається тип сітки та її градієнтність, ця сітка прив'язується до інструменту чи до заготовки. В результаті 2D або 3D моделювання реологічних процесів формоутворення виробу, спочатку отримуються динамічні картини розподілу напружень, деформацій, термодинамічна картина процесу різання, динаміка зміни кута зсуву, змодельовані силові показники та побудована реологічна картина структурно-фазових перетворень. Все це дасть змогу на основі алгоритмів та системних підпрограм встановити геометрико-кінематичну, вібраційно-динамічну та деформаційну складову мікротопології поверхні; залишкові напруження I-го та II-го роду та залишкові деформації обробленої поверхні. Структурно-параметрична оптимізація функціонально-орієнтованого технологічного процесу базується на основі розрахунку узагальненого кваліметричного параметру, що системно відображає експлуатаційні параметри поверхні (зносостійкість, втомна міцність, мастилоутримуючі властивості тощо) з врахуванням змодельованих в САF-системі показників мікротопології поверхні та залишкових напружень та деформацій.

Таким чином, базова методологія побудови функціонально-орієнтованого технологічного процесу передбачає вирішення ряду проблем, пов'язаних з адекватним імітаційним моделюванням напружено-деформованого стану деталей в процесі їх формоутворення: а) формалізацією процесів кінетики дислокацій методом скінчених елементів та визначення векторної характеристики руху дислокацій; б) використання в САF-системі формалізованого опису кривих зміцнення та розм'якшення оброблюваного матеріалу, що визначають вплив напружень, швидкості деформації та температури на опір деформації в просторі та часі; в) методику вибору типу та градієнтності рухомої сітки а також забезпечення умов її невироджуваності; г) вибір моделі текучості матеріалу та критерію його руйнування в процесі формоутворення.

В подальшому відповідно до узагальненого алгоритму функціонування САF-системи результати напруженодеформованого стану поверхонь в процесі їх формоутворення дозволять здійснити моделювання мікротопології поверхонь, залишкових напружень та деформацій, а відтак – формалізувати прогностичні зв'язки між структурою та параметрами технологічного процесу оброблення деталей та домінуючими експлуатаційними властивостями деталей (забезпечення зносостійкості, втомної міцності, корозійної стійкості, триботехнічної якості рухомих спряжень тощо).

**УДК 621.867**

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

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ САМ-СИСТЕМИ ДЛЯ РОЗРОБЛЕННЯ КЕРУВАЛЬНОЇ ПРОГРАМИ ВЕРСТАТА З ЧПК**

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

### **RESEARCH OF CAM-SYSTEM FOR THE DEVELOPMENT OF THE CNC MACHINE'S CONTROL PROGRAM**

Сучасна технологічна підготовка виробництва деталей на верстатах із ЧПК передбачає широке застосування САМ-систем (Computer Aided Manufacturing), що автоматизують проектування керувальних програм, а для деталей складної форми просто неможливо створити керувальну програму оброблення без таких систем. Аналіз можливостей наявних на ринку високих технологій САМ-систем [1] засвідчує, що всі вони розв'язують геометричні задачі проектування траєкторій формоутворення для складних поверхонь деталей, мають широкий спектр постпроцесорів, різноманітні опції технологічної підтримки тощо. Однак процес оброблення виконується на верстатах, які мають певну жорсткість, характеризується квазістаціонарністю процесу різання і для досягнення найкращих результатів вимагає урахування цих реальних умов. Таким чином, процес оброблення деталей різанням можна розглядати як об'єкт, що зазнає дії збурень і потребує перманентного управління. Якщо на початку, на першому етапі розвитку САМ-систем їх можливості дозволяли обробити, зазвичай, на верстатах із ЧПК, поверхні деталей, які вважалися за нетехнологічними й такі, що навіть не реалізуються, то зараз цього вже мало: технологи-програмісти почали звертати увагу на продуктивність, точність та якість оброблення. Проте, як відзначають експерти [2], відсутність яких-небудь інноваційних перетворень з керування процесом різання останнім часом змусила фірми шукати нові рішення.

Отже, проблеми переходу на якісно новий рівень проектування керувальних програм для верстатів із ЧПК є актуальною науково-технічною проблемою. Розроблення напрямів удосконалення алгоритмів САМ-систем дозволять урахувати реальні процеси оброблення деталей різанням на верстатах із ЧПУ і вирішувати основне завдання задачі будь-якого машинобудівного виробництва – виготовлення деталей заданої точності та якості за мінімальний час.

Із теорії автоматичного управління [1] відомі два принципи управління – за помилкою і за збуренням і три основні методи управління - за апіорною, поточною й апостеріорною інформацією. Саме на базі цих канонів і можливо вирішення основного завдання оброблення деталей різанням. Загальний алгоритм управління процесом різання полягає в послідовному вирішенні трьох завдань:

- 1) стабілізації умов різання під час руху за формоутворювальною траєкторією;
- 2) оптимізації всього процесу різання за критерієм максимуму продуктивності;
- 3) коригування формоутворювальної траєкторії на останньому проході.

Оскільки управління процесом різання на верстаті з ЧПК може здійснюватися переважно через керувальну програму, то вирішення цих завдань повинно проводитися автоматично під час підготовки керувальної програми в САМ-системі. Розроблення та систематизація основних методів управління за часом надходження інформації використовується для його формування: за апіорною інформацією, управління за поточною інформацією та управління за апостеріорною інформацією. Кожен із цих методів має на меті вирішення одного з наведених завдань або всіх трьох одночасно .

Управління за апріорною інформацією формується безпосередньо в САМ-системі під час проектування керувальної програми на підставі початкових даних про поверхню деталі, яку потрібно обробити, заготовку, інших відомих відомостей та має на меті стабілізацію умов різання за критерієм швидкості видалення припуску (MRR – Material Removal Rate), що розраховується з розв’язання задачі оптимізації процесу.

Сутність управління за апріорною інформацією полягає в тому, що на основі вивчення процесу формоутворення, який здійснюється в замкненій технологічній обробній системі (ТОС), визначають модифікацію передатних функцій  $F_{np}$  процесу різання та  $F_{nc}$  еквівалентної пружної системи, які апріорі передбачаються, і розраховують визначену швидкість зрізування  $V_{z1}$  як функцію подачі так, щоб під час різання забезпечувався збіг фактичної  $V_{\phi}$  швидкості із заданою  $V_{z1}$  під час різання [2]:

$$V_{\phi} = V_{z1} \cdot \frac{1}{1 + F_{np} \cdot F_{nc}}. \quad (1)$$

Управління досягається введенням у канал регулювання коригувального елемента з передавальною функцією  $F_k$ :

$$V_{z1} = V_z \cdot F_k, \quad (2)$$

звідки

$$V_{\phi} = V_z \frac{F_k}{1 + F_{np} \cdot F_{nc}}. \quad (3)$$

За методом унаслідок корекції необхідно забезпечити  $V_{\phi} = V_z$ . З виразу (3) очевидно, що для виконання рівностей необхідно прийняти:

$$F_k = 1 + F_{np} \cdot F_{nc}. \quad (4)$$

Така передатна функція відповідає з’єднанню елементів, коригувальний елемент повинен бути реалізований під час підготовки керувальної програми заданим переміщенням інструменту. Таким чином, цей метод управління імперативно передбачає використання верстата з ЧПК. Система управління є розімкненою, і тому її ефективність повністю залежить від точності апріорної інформації.

Оскільки основним критерієм ефективності процесу різання є швидкість видалення припуску, тому на етапі проектування керувальної програми необхідно визначати таку характеристику за її аналогом, тобто за об’ємом видаленого припуску, зв’язаним із траєкторією інструменту, а потім стабілізувати процес за критерієм MRR управлінням подачею інструменту за формотвірною траєкторією [3].

Більшість САМ-систем мають у своєму складі модуль візуалізації спроектованого процесу оброблення, проте з нього неможливо одержати необхідну інформацію про процес різання. Тому необхідно створити такий модуль, який розв’язує таку задачу на базі апріорної інформації про геометрію заготовки, деталі та інструменту і траєкторій формотвірних рухів, які розраховуються будь-якою САМ-системою.

### **Література**

1. Петраков, Ю.В. Розвиток САМ-систем автоматизованого програмування верстатів із ЧПУ: Монографія / Ю.В. Петраков. – К.: Січкара, 2011. – 220 с.
2. Данильченко Л.М., Сарафін В.М. Дослідження адаптивних систем автоматичного керування процесом різання / Збірник тез доповідей VI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів “Актуальні задачі сучасних технологій”. - Тернопіль: Вид-во ТНТУ, 2017. - С.84-85.
3. Danylchenko L., Yousif Duhair. Investigation of machining parameters in the design of CNC technologies / Book of abstract of the International scientific and technical student’s conference “Fundamental and applied sciences. Actual questions” 26th-27th of April 2018. – Ternopil: TNTU, 2018. – P. 203-204.

**УДК 621.787**

**Л.М. Данильченко, канд. техн. наук, доц., А.С. Хассан**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ПРОТИДІЇ ТЕПЛОВИМ ДЕФОРМАЦІЯМ ДЕТАЛЕЙ В ПРОЦЕСІ ЇХ ВИГОТОВЛЕННЯ І ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

**L.M. Danylchenko, Ph.D., Assoc. Prof., A.C. Hassan**

### **RESEARCH OF METHODS OF HEAT DEFORMATIONS COUNTERMEASURES OF PARTS IN THEIR MANUFACTURING AND OPERATING**

Розвиток сучасного машинобудування супроводжується освоєнням нових конструкційних сплавів для виробів з високими експлуатаційними властивостями. Механічне оброблення таких матеріалів супроводжується виникненням термічних напружень. Надлишкова теплота призводить до розігріву та виникнення температурних деформацій заготовки, величини яких залежать від багатьох чинників. Перевищення допустимого рівня деформацій призводить до втрати точності готової деталі.

Проблема виникнення похибки розмірів деталі в процесі оброблення полягає в тому, що заготовка збільшує свій діаметр внаслідок підведення до неї теплоти та підвищення температури як у зоні різання, так і заготовки вцілому. При розігріві, і внаслідок теплового розширення заготовки, різальний інструмент зрізатиме більше матеріалу, ніж передбачено технологічним процесом, і після охолодження заготовка буде мати певну конусність поверхонь та відхилення розмірів від заданих. Основним засобом протидії температурним деформаціям деталі є охолодження зони різання.

На теперішній час для охолодження зони оброблення використовують різні методи, які можна умовно розділити на дві групи: методи загального охолодження деталі та зони різання, методи локального охолодження зони різання.

Широко розповсюдженим методом загального охолодження є метод поливу деталі та зони різання різними емульсіями. Для зменшення негативного локального впливу теплоти на процес різання оброблення ведуть в умовах застосування мастильно-охолоджувальних середовищ. Залежно від технологічного методу оброблення, фізико-механічних властивостей матеріалів оброблюваної заготовки та різального інструменту, а також режимів різання, застосовують різні мастильні середовища: рідини, емульсії, гази, тверді речовини. Найчастіше при обробленні різанням застосовують мастильно-охолоджувальні рідини. Володіючи змащувальними властивостями, рідини знижують тертя стружки та передньої поверхні інструменту, задніх поверхонь інструменту та заготовки. Мастильні середовища відводять теплоту в навколишнє середовище від зон її утворення, охолоджуючи різальний інструмент, оброблену поверхню заготовки. Змащувальна дія середовищ перешкоджає утворенню налипань металу на поверхнях інструменту, в результаті чого знижується шорсткість оброблених поверхонь заготовки. Застосування мастильно-охолоджувальних середовищ сприяє зменшенню потужності різання, зростанню стійкості різального інструменту. В процесі експлуатації практично всі деталі та механізми нагріваються від кількості теплоти, яка не перетворилась на корисну роботу. Зміна температури деталей призводить до зміни об'єму та геометричних параметрів, нерівномірна зміна температури може призвести до мікротріщин або повного руйнування деталей.

Особливо це важливо для складних деталей, виготовлених із легкосплавних матеріалів з невеликою теплоємністю. Типовим прикладом є головка блоку циліндрів (ГБЦ) двигуна внутрішнього згорання, виконана з алюмінієвих сплавів. В процесі нагрівання сплав буде змінювати свою форму – розширюватись.

Варто зазначити, що різні поверхні однієї і тієї ж деталі змінюють свої геометричні параметри по-різному, це пов'язано з наступними основними причинами:

1. Нерівномірний розподіл кількості теплоти по самій заготовці, який може бути пов'язаний з тим, що лише її робочі поверхні нагріваються в процесі експлуатації механізму, або ж з недостатньою теплопровідністю матеріалу та наявністю системи охолодження лише в певних місцях, відсутністю централізованої системи контролю розподілу кількості теплоти та інших чинників.

2. Складна конструкція деталі або вузла, яка спричиняє різницю в зміні об'єму в різних місцях. Суцільна деталь на різних поверхнях має різну товщину стінок, розміри поверхонь, наявність або відсутність ребер жорсткості, різну площу поверхонь, що впливають на процес охолодження на повітрі або під дією систем охолодження.

3. Комбіновані чинники, які включають: нерівномірний розподіл теплоти, складність заготовки, наявність чи відсутність систем охолодження або систем рівномірного розподілу теплоти. А також вивчення функції, за якою відбувається зміна геометричних параметрів під дією вище зазначеного, адже при зміні на різну кількість градусів всієї деталі рівномірно або окремих її поверхонь буде спостерігатись різний результат.

Підтвердженням цього є перегрів ГБЦ, коли при досягненні певної температури та витримки під нею ГБЦ змінює геометричні параметри. Цей процес не спостерігається у тих випадках, коли температура не переходить за допустиму межу, а також швидкість зміни температури не перевищує допустиму. Тобто, дослідивши функції впливу зазначених чинників на зміну геометричних параметрів, можна виявити параметри, за яких результат зміни об'єму буде максимальним і уникнути його.

Як результат, складемо план послідовних дій для забезпечення протидії температурним деформаціям, які призводять до зміни геометричних параметрів деталі:

1. Вивчаючи роботу механізму в цілому, визначити оптимальну температуру його роботи та встановити межі максимально допустимої та мінімально допустимої робочих температур.

2. На основі визначеного робочого діапазону температур вибрати матеріал, варто зазначити, що до алюмінієвих сплавів часто додають більш тугоплавкі метали для того, щоб у кінцевого сплаву була більша теплоємність і, відповідно, менший коефіцієнт об'ємного розширення. Таким чином, можна зменшити швидкість нагрівання, а також уникнути різниці температур на різних поверхнях, оскільки для швидкого нагрівання однієї з поверхонь необхідно більшу кількість теплоти, і відповідно часу, за цей додатковий час деталь може зрівноважити свою температуру за рахунок теплопровідності або системи охолодження, стабілізації температури.

3. Зменшити температурний діапазон робочої температури до мінімуму:

а) Розробити систему стабілізації температури всієї деталі (вузла). В цілому цю функцію виконує система охолодження, проте для рівномірного розподілу кількості теплоти необхідно дотримуватись правила рівномірного розподілу площі поперечного перерізу деталі на різних поверхнях для рівномірного охолодження та розподілу температуру системою охолодження. За необхідності слід додати ребра жорсткості на поверхнях, віддалених від осередку розповсюдження теплоти для збільшення площі поверхні, а також підсилення частини деталі, де зміна об'єму не буде спостерігатись.

б) Розробити систему охолодження для підтримки вузла або механізму в цілому в одному температурному режимі.

Отже, встановлення температурного режиму з мінімальним діапазоном та підтримання роботи механізму саме в цьому діапазоні температур надасть можливість запобігти перегріву, утворенню мікротріщин і зміні геометричних параметрів деталей.

**УДК 621.867**

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

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИСОКОШВИДКІСНОГО ФРЕЗЕРУВАННЯ СКЛАДНИХ ДЕТАЛЕЙ І ВУЗЛІВ**

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

## **RESEARCH OF FEATURES OF HIGH-SPEED WELDING OF COMPLEX PARTS AND UNITS**

Процеси виготовлення складних агрегатів на етапі технологічної підготовки виробництва є достатньо працемісткими. Скорочення часу циклу їх розроблення вимагає застосування більш ефективних технологій. Одним із можливих рішень є застосування високошвидкісного оброблення, зокрема, високошвидкісного фрезерування.

Високошвидкісне оброблення – це сучасна технологія, яка порівняно із звичайним різанням, дозволяє збільшити ефективність, точність і якість механічного оброблення. Його відмінна особливість — висока швидкість різання, при якій суттєво збільшується температура в зоні утворення стружки, матеріал оброблюваної деталі стає м'якшим, зменшуються сили різання, що дозволяє інструменту рухатися з великою робочою подачею.

Ефект високошвидкісного оброблення зумовлюється структурними змінами матеріалу (внаслідок пластичних деформацій, здійснюваних із великою швидкістю) в зоні видалення стружки. Із підвищенням швидкості деформацій сили різання спочатку зростають, а потім, за досягнення певної температури в зоні утворення стружки, раптово починають знижуватися [1]. Особливим є те, що час контакту різальної кромки із заготовкою і стружкою досить незначний, а швидкість відриву стружки настільки висока, що велика частина тепла, яка утворюється в зоні різання, видаляється разом із стружкою, тому заготовка та інструмент не встигають нагріватися.

У світовому верстатобудуванні сьогодні спостерігається стійка тенденція створення верстатів, призначених для високошвидкісного оброблення. Технологія САМ на теперішній час бурхливо розвивається в напрямку задоволення специфічних потреб у створенні нових стратегій руху інструменту для оброблення.

Можливості програмного забезпечення CAD/CAM є ключовими в забезпеченні ефективного високошвидкісного оброблення, яке починається зі створення відповідних керуючих програм, тому вимоги до САМ систем постійно підвищуються. Метою застосування високошвидкісного фрезерування деталей є отримання оптимальної та шорсткості поверхні й геометричної точності, що дозволяє мінімізувати або повністю виключити подальше чистове полірування.

При створенні програм для фрезерного оброблення необхідно враховувати наступні параметри: динамічні характеристики обладнання, дотримання максимально оптимальних режимів різання для обраного інструменту.

До появи високопродуктивного інструменту, хвилинна подача при обробленні конструкційних сталей не перевищувала 200...300 мм/хв і 500...600 мм/хв при обробленні легких сплавів. Тепер, якщо верстат дозволяє задавати необхідні оберти, подачі досягають 800...2000 мм/хв для сталей і до 10000 мм/хв для легких сплавів. У деяких випадках навіть сучасні верстати не можуть забезпечити необхідну подачу [1].

Оскільки всі робочі органи верстата мають значну масу і як наслідок, інерційність, для виключення зайвих навантажень на приводи і забезпечення терміну

служби, в системах ЧПК закладаються параметри розгону і гальмування при зміні напрямку руху. Аналогічно задається, так званий, кут реверсу, і при зміні напрямку руху на більш гострий кут, система управління виконує гальмування наприкінці переміщення перед переломом і розгін після цього. В разі, якщо довжина переміщення, задана в кадрі, перед переломом менша, ніж необхідна для гальмування, система управління не може забезпечити скидання подач [2]. При цьому інструмент відхилиться від заданої траєкторії і на оброблюваній поверхні можливим є поява підрізу.

Крім того, оскільки включається режим екстреного гальмування, виникають механічні та електричні навантаження на привід, які перевищують нормальні експлуатаційні, що призводить до зменшення терміну служби приводів і систем керування електроприводами. Також важливим динамічним параметром верстата є подача, перевищення якої призводить до спотворення траєкторії та підвищення навантажень на привід верстата. Тому вкрай важливо, щоб система САМ забезпечувала коригування подач за цими параметрами. Для забезпечення якості й точності оброблення, стійкості інструменту, зменшення навантаження на інструмент і вузли верстата, необхідно суворо дотримуватися рекомендацій фірм-виробників інструменту.

На відміну від стандартних режимів фрезерування, де задається хвилинна подача, виробники інструменту вказують рекомендовані для кожного виду фрез подачу на зуб, ширину та глибину фрезерування [3]. Подача на зуб визначає товщину стружки, що знімається, і забезпечує створення необхідного зусилля для різання. Для різних матеріалів інструменту вона різна. Так наприклад: для фрез із швидкорізальних сталей - 0,10...0,15 мм, для цільних фрез з твердого сплаву - 0,01...0,03 мм, для збірних фрез із твердосплавними пластинами - 0,09...0,15 мм.

При високошвидкісному фрезеруванні рекомендується застосовувати попутне фрезерування для чорнового і чистового оброблення. По-перше, при цьому отримується краща шорсткість поверхні, відбувається оптимальне відведення стружки. По-друге, істотно зростає стійкість фрези. При зустрічному фрезеруванні велика кількість тепла виділяється при збільшенні товщини стружки, оскільки різальна кромка рухається з великим тертям. Призначення подачі на зуб при попутному фрезеруванні менше мінімально допустимої призводить до погіршення умов різання і підвищення зношування. Це відбувається тому, що перший зуб не може зрізати тонкий шар металу (на різальній кромці не створюється достатня сила різання) і просковзує, лише другий або третій зуб починають різання. Виникає додаткове навантаження на інструмент і верстат внаслідок надлишкового тертя при ковзанні зубів. Оскільки фреза працює через зуб, а то і два, виникає вібрація, яка призводить до руйнування різальної кромки інструменту та зношування вузлів верстата, низької якості оброблюваної поверхні.

### **Література**

1. Баталин, А. С. Основные эффекты высокоскоростной обработки / А. С. Баталин, В. М. Мануйленко. // Сборник научных трудов "Вестник НТУ "ХПИ" : Технології в машинобудуванні. – 2008. – №23. – С. 12–15.
2. Danylchenko L., Adusei Ebenezer. Features of the high-speed machining of the hard materials / Book of abstract of the International scientific and technical student's conference "Fundamental and applied sciences. Actual questions" 26th-27th of April 2018. – Ternopil: TNTU, 2018. – P. 173-174.
3. Данильченко Л., Шушкевич О. Переваги застосування методів високошвидкісного оброблення в інструментальному виробництві / Збірник тез доповідей міжнародної студентської науково-технічної конференції "Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання". - Тернопіль: Вид-во ТНТУ, 2018. - С. 201-202.

УДК 621.391

В.М. Дмиш, В.Л. Дунець, В.В. Лесів, А.С. Марценюк

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ПАРАМЕТРІВ ОГЛЯДОВОГО РАДІОЛОКАТОРА ТРЛК-10ТС

V.M. Dmysh, V.L. Dunetsh, V.V. Lesiv, A.S. Marcenjuk

### INCREASING THE PARAMETERS OF ACCURACY RADAR OF OVERVIEW ТРЛК-10ТС

Структура зондуючого сигналу ПОРЛ приведена на рисунку 1.

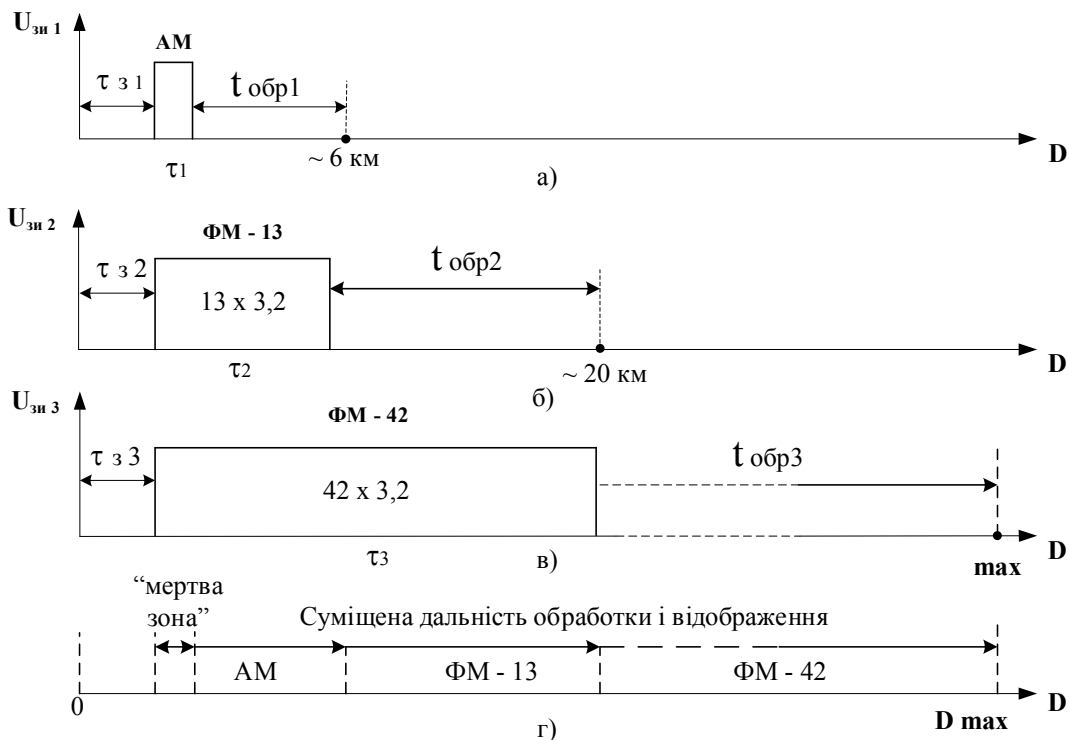


Рисунок 1 – Структура зондуючого сигналу ПОРЛ

Необхідність такої структури сигналу пояснюється наступним. При використанні ФМ сигналу значної тривалості виникає "мертва зона", яка дорівнює тривалості сигналу. Наприклад, при використанні тільки сигналу ФМ-13 "мертва зона" склала б близько 6 км, що є неприйнятним. При використанні тільки сигналу ФМ-42 "мертва зона" склала б близько 20 км, що також неприйнятно. Тому для перекриття "мертвих зон" сигналів ФМ-13 і ФМ-42 використовуються сигнали меншою тривалості. Зондувальний імпульс ФМ-13 перекриває "мертву зону" ФМ-42, а простий амплітудно-модульований (гладкий) імпульс перекриває зону формування ФМ-13. У свою чергу випромінюється зондуючий простий АМ сигнал перекриває зону формування ФМ-13.

Існує безліч видів псевдовипадкових послідовностей (ПВП), які володіють різними характеристиками. Вибір псевдовипадкової послідовності кодів в радіотехнічній системі дуже важливий, оскільки при одній і тій же довжині кодової послідовності параметри (зокрема, стійкість перед завадами) системи можуть бути різними.

ПВП повинні відповідати таким критеріям, як непередбачуваність і випадковість.



При генерації ПВП необхідно забезпечити відповідність властивостей цієї послідовності чітко визначеними критеріями випадковості:

- збалансованість: число одиниць ( $n_1$ ) і число нулів ( $n_0$ ) повинно бути приблизно однаковим і рівним половині довжини ПВП ( $n_1 = n_0 + 1$ ).

- серійність. Серією називається група з 0 або 1, що впливають поспіль. Поява іншої цифри означає початок нової серії. Для ПВП характерно:

- довжина приблизно половини всіх серій дорівнює 1;
- довжина четвертої частини всіх серій - дорівнює 2 (групи з 2-х "1" або "0");
- довжина 1/8 всіх серій - дорівнює 3 (групи з 3-х "1" або "0");
- довжина 1/16 всіх серій - дорівнює 4 (групи з 4-х "1" або "0") і т. д.

Домінуюче значення у виборі виду ПВП для формування НШСС (над широкопосмугового сигналу.) в системах рухомого радіозв'язку гратимуть, перш за все, взаємні і автокореляційні характеристики ансамблю сигналів, його обсяг, простота реалізації пристроїв формування і "стиснення" (згортки) сигналів в приймачі.

Структурна схема формувача зондуючих сигналів приведена на рисунку 2.

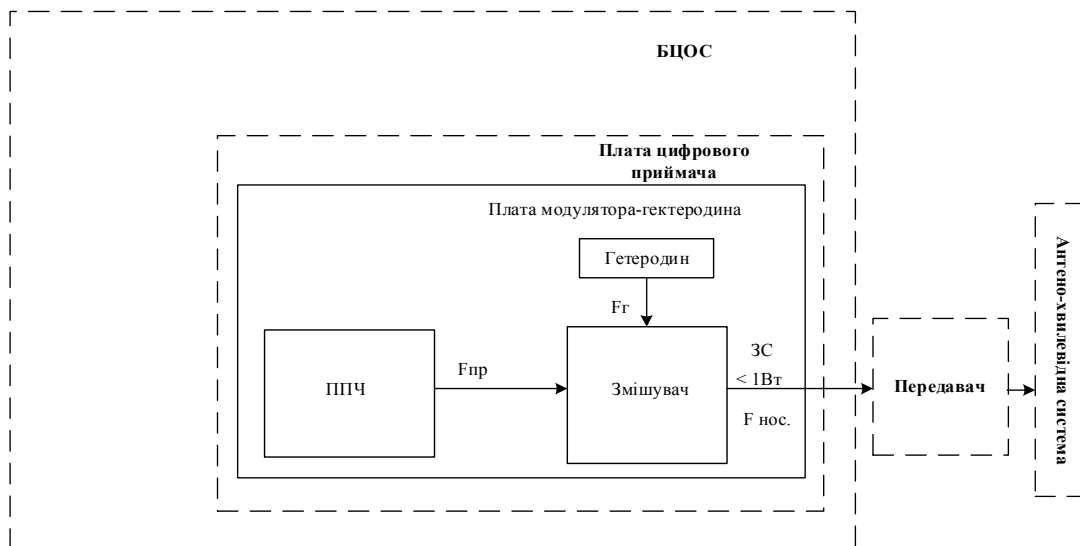


Рисунок 2 – Структурна схема формувача зондуючих сигналів

### Література

1. Кузьмин С.З. Основы проектирования систем цифровой обработки радиолокационной информации / С.З. Кузьмин. – М.: Радио и связь, 1986. – 352 с.
2. Моделирование в радиолокации / А.И. Леонов, В.Н. Васенев, Ю.И. Гайдуков и др.; Под ред. А.И. Леонова. – М.: Сов. Радио. - 1979, 264 с.
3. Оценивание дальности и скорости в радиолокационных системах /А.И. Канащенков, В.И. Меркулов, А.И. Перов и др.; под ред. А.И. Канащенкова и В.И. Меркулова. – М.: Радиотехника, 2004. – 312 с.
4. Ричард Лайонс. Цифровая обработка сигналов / Ричард Лайонс. - 2-ое изд. Пер. с англ. – М.: ООО Бином-Пресс, 2006 г. – 656 с.
5. SWIG [Электронный ресурс]. URL: <http://www.swig.org/> (дата обращения: 14.05.2017).

**УДК 631.42**

**О.Р. Доскоч, Н.І. Хомик, канд. техн. наук, доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### **УДОСКОНАЛЕННЯ СІВАЛКИ ССТ-12Б ДЛЯ СІВБИ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ У БОРОЗНУ**

**O.R. Doscoch, N.I. Khomyk, Ph.D., Assoc. Prof.**

### **IMPROVEMENT SEEDER OF SST-12B FOR SOWING OF SUGAR BEETS IN THE FURROW**

Комбіновані машини та агрегати призначені для одночасного виконання декількох технічних операцій під час вирощування сільськогосподарських культур, що забезпечує раціональне завантаження енергетичних засобів на малоенергоємних операціях або на наших полях, де утруднене використання широкозахватних одноопераційних машин. Завдяки скороченню кількості проходів агрегату полем зменшується час на холості ходи і переїзди, ущільнення ґрунту, непродуктивні затрати енергії на переміщення трактора і машини.

Багаторазові проходи ґрунтообробних агрегатів полем пов'язані з необхідністю виконання декількох операцій призводять до надмірного ущільнення і розпилення ґрунту. Під дією гусениць трактора і коліс машин агрегатні грудочки ґрунту руйнуються, розпилюються, густина ґрунту підвищується, а капілярність і вологопроникність зменшуються. Все це веде до зниження врожайності. Багаторазовий передпосівний обробіток затягує сівбу, що також несприятливо впливає на урожай.

Особливо шкідливий багаторазовий обробіток у зонах недостатнього зволоження і на легких безструктурних ґрунтах. При інтенсивному обробітку внаслідок вивітрювання і водної ерозії втрачається органічна речовина, погіршується структура ґрунту, зростають втрати вологи і утворення глиб.

Використання комбінованих машин зменшує шкідливий вплив колісних рушіїв на ґрунт, скорочує строки проведення операцій, підвищує якість робіт і продуктивність праці, знижує виробничі витрати. Є ряд агротехнічних робіт, виконання яких можливе лише комбінованими машинами, зокрема, внесення у ґрунт добрив та меліорантів, а в окремих випадках і пестицидів; аміачної води під час передпосівної культивуації.

На можливість і доцільність суміщення технологічних операцій впливає рівень технічного рішення, вартість виготовлення та роботи агрегату. Комбіновані машини порівняно з одноопераційними складніші й дорожчі, а їх технічна та технологічна надійність може виявитися нижчою, особливо у несприятливих умовах роботи, тому суміщення операцій має певні межі.

Аналіз науково-технічних джерел щодо сільськогосподарської техніки для передпосівного обробітку ґрунту та сівби, дозволяє відзначити можливість об'єднання таких машин в одній проході агрегату. Основна технологія для виробництва цукрових буряків – інтенсивна, і включає усі чинники інтенсифікації: гібриди, систему основного, передпосівного обробітку ґрунту, догляд за посівами, застосування системи добрив і захисту рослин. Однак, недостатньо надано уваги приділено такому способу загортання насіння, як значне зменшення глибини посіву і створення мікроклімату при посіві насіння на дно борозни. Для реалізації ресурсозберігаючої технології вирощування цукрових буряків доцільно використовувати комбінований агрегат, який в одній проході виконує такі технологічні операції: нарізання борозен; сівбу цукрових буряків; внесення робочих розчинів гербіцидів по ширині борозни; загортання насіння і робочих розчинів гербіцидів; ущільнення рядків; вирівнювання рядків.

Для забезпечення оптимальних умов посіву пропонується перед сівбою насіння цукрових буряків спеціальними робочими органами борозноробами формувати борозни глибиною 5...10 см. При цьому відкривається вологе дно, у якому відразу ж за борозноробом рухається полозовидний сошник серійної сівалки ССТ-12Б. Орієнтовно, насіння цукрових буряків буде загортатися на глибину 3...4 см. Мілке загортання у вологий шар забезпечить швидкі і одночасні сходи і однаковий розвиток рослин у їх наступні фази. Це створить оптимальні умови догляду за посівами, тобто застосування у певні терміни агротехнічних та хімічних заходів боротьби з бур'янами та шкідниками.

Агротехнічні операції, пов'язані з посівом, загортанням, ущільненням і вирівнюванням виконуються робочими органами просапної пневматичної сівалки типу ССТ-12Б. Як тягову машину, застосовують трактор ДТ-75М. На передній частині рами трактора за допомогою перехідних кронштейнів монтується обприскувач-підживлювач ПОМ-630, на задній гідронавісці – сівалку ССТ-12Б.

Для сівби цукрових буряків у борозну сівалку обладнують борозноробами та пристосуванням для смугового внесення гербіцидів. Оскільки сівалку обладнують пристосуванням для сівби в борозну цукрових буряків, то важливу роль приділяють сошнику, як основному елементу будь-якої загортальної системи. Функції сошника: утворення відкритої борозни розрізанням та розсуванням на необхідну глибину верхнього шару ґрунту; утримання борозни деякий час відкритою для забезпечення необхідних умов укладання насіння на її дно; загортання (закривання) насіння на дні борозни. Процес утворення борозни істотно залежить від конструкції передньої частини сошника, яка і розрізає шар ґрунту. Для висіву насіння цукрових буряків застосовують полозоподібний сошник з тупим кутом входження у ґрунт, який утворює борозну, розсовуючи ґрунт у бік, крім того він вдавлює його вниз, внаслідок чого дно та стінки борозни ущільнюються. Для ущільнення дна борозни у між щоками встановлюють ущільнювальну п'ятку або коточок.

Рівномірність загортання насіння по глибині залежить від виду борозноутворення, характеру осипання ґрунту після сошника, що визначається типом і розміром його щок, формою і розміром обрізів задніх торців.

Оскільки швидкість сівалки не є постійною, тобто коли вона зрушується з місця з опущеними сошниками та досягає максимальної швидкості, а потім швидкість знову зменшується до її повної зупинки, то й величина розкриття частини борозни може бути як всередині сошника між його щоками, так і позаду нього.

Зверху до сошника жорстко прикріплений корпус висівного апарата з бункером для насіння. Ця складальна одиниця шарнірно з'єднана з рамою сівалки за допомогою паралелограмного механізму, що складається із кронштейна, жорстко закріпленого на рамі сівалки, верхніх і нижніх повідців та корпусу апарата. Для піднімання секції при переведенні сівалки у транспортне положення і забезпечення необхідного тиску на сошник у робочому положенні верхні повідці за допомогою штанги з пружиною і ковпачком шарнірно з'єднані з рамою сівалки.

Для забезпечення повздовжньої стійкості посівного комбінованого агрегату на передню балку трактора монтують додаткові вантажі масою 780кг.

Для копіювання рельєфу поля і забезпечення заданої глибини формування борозни борознороб монтують на гряділі із паралелограмною підвіскою.

### **Література**

1. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Кн.1: Машини для рільництва /П.В. Сисолін, В.М. Сало, В.М. Кропівний; За ред. М.І. Черновола. – К.: Урожай, 2001. – 382 с.

УДК 621.81

А.Є. Дячун, канд. техн. наук, доц., В.П. Михайлюк, В.С. Гандзій

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**КІНЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕРХНІ КОМБІНОВАНИХ  
ГВИНТОВИХ ЗАГОТОВОК**

A.Ye. Diachun, Ph.D., Assoc. Prof., V.P. Myhailiuk, V.S. Gandzii

**KINEMATICAL MODELING OF THE COMBINED SPIRAL BLANKS' SURFACE**

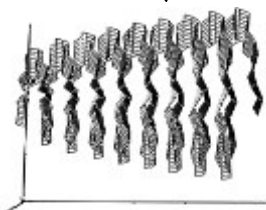


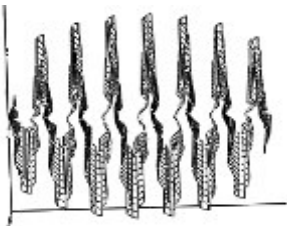


Розроблено математичну модель комбінованих гвинтових заготовок (КГЗ), що пов'язана із кінематичними параметрами процесів їх формоутворення. За основу взято процес навивання профільної стрічки на оправу, записано рівняння, що описує поверхню КГЗ у параметричній формі:

$$F(t, r) = \begin{pmatrix} (-V_2(t) \cdot t + r) \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi_0) \\ (V_2(t) \cdot t - r) \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi_0) \\ A(t, r) \cdot \sin(k \cdot \omega \cdot t) + V \cdot t \end{pmatrix}, \quad (1)$$

де  $t$  – час;  $V_2(t)$  – функція, що визначає форму твірної КГЗ;  $r$  – змінний радіус КГЗ;  $\omega$  – кутова швидкість обертання оправу;  $\varphi_0$  – початковий кут формування КГЗ;  $A(t, r)$  – амплітуда гофр, що змінна у радіальному напрямку;  $k$  – кількість гофр на одному витку КГЗ,  $V$  – швидкість пересування супорта верстата.

Встановлено, що  $r$  змінюється від  $R_6$  до  $R_3$ , де  $R_6$  – внутрішній радіус КГЗ, а  $R_3$  – зовнішній радіус КГЗ. У таблиці 1 представлено вплив функції  $V_2(t)$  на форму твірної КГЗ з позначеннями:  $l_1$  – параметр, що визначає кут нахилу прямої;  $b_1, a_1$  – параметри, що визначають вид гіперболи;  $R$  – радіус кола;  $m$  – параметр, що визначає вид параболи;  $b_2, a_2$  – параметри, що визначають величини осей еліпса.

Таблиця 1. Вплив функції  $V_2(t)$  на форму твірної комбінованої гвинтової заготовки

Назва твірної; рівняння функції $V_2(t)$ ; рисунок КГЗ		
<p>Парабола</p> $V_2(t) = \frac{-2 \cdot m \cdot V}{\sqrt{V \cdot t}}$ 	<p>Пряма</p> $V_2(t) = 0$ 	<p>Пряма під кутом</p> $V_2(t) = -V \cdot l_1$ 
<p>Еліпс</p> $V_2(t) = \frac{1}{\sqrt{-V^2 t^2 + a_2^2}} \cdot \frac{b_2}{a_2} \cdot V^2 t$ 	<p>Гіпербола</p> $V_2(t) = \frac{1}{\sqrt{V^2 t^2 + a_1^2}} \cdot \frac{b_1}{a_1} \cdot V^2 t$ 	<p>Коло</p> $V_2(t) = \frac{1}{\sqrt{R^2 - V^2 \cdot t^2}} \cdot V^2 t$ 

УДК 621.81

А.Є. Дячун, канд. техн. наук, доц., В.С. Гандзій, В.П. Михайлюк

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## СПОСІБ ФОРМОУТВОРЕННЯ ГОФРОВАНИХ ГВИНТОВИХ ПОВЕРХОНЬ

A.Ye. Diachun, Ph.D., Assoc. Prof., V.S. Gandzii, V.P. Myhailiuk

### METHOD FOR FORMING OF CORRUGATED SPIRAL SURFACES

Схему способу формоутворення гофрованих гвинтових поверхонь (ГГП) та формувальні інструменти пристрою для його реалізації представлено на рисунку 1. Спосіб виконується наступним чином. ГГП виготовляється із стрічки 1 шириною  $B$ , яка подається в зазор між циліндричними формувальними інструментами 2 з рівномірно виконаними по колу формувальними зубами. Формувальні інструменти 2 кінематично зв'язані між собою і обертаються в протилежні сторони із частотою обертання  $\omega$ , при цьому вони деформують стрічку 1 у профільну стрічку з кроком гофр рівним кроку розміщення формувальних зубів.

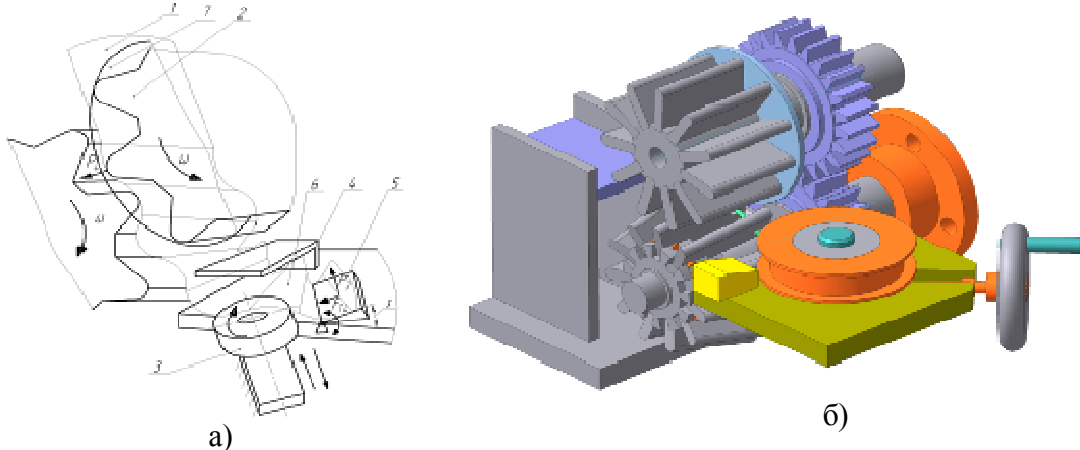


Рисунок 1. Схематичне зображення а) способу формоутворення ГГП та б) формувальні інструменти пристрою для його реалізації

На виході із зони деформації формувальними інструментами гофрована стрічка піддається деформації в горизонтальній площині під дією ролика 3, внаслідок чого проходить формування ГГП 6. Ролик 3 вільно обертається навколо своєї вісі і має можливість здійснювати зворотно-поступальний рух у горизонтальній площині. При подальшому переміщенні ГГП піддається калібруванню на крок за допомогою клина 5. Під час цього переходу відбувається деформація ГГП у вертикальній площині. Кут нахилу клина можна змінювати залежно від необхідного кроку ГГП. Для протидії втрати стійкості ГГП під час деформування встановлено упор 4, який може бути виконаний у вигляді ролика.

Оскільки під час виготовлення ГГП цим способом відбувається зміщення стрічки із зони деформування формувальними інструментами у горизонтальній площині, на одному із інструментів виготовлено упорне кільце 7. Для вільного виходу профільної стрічки із зони деформування формувальними інструментами, на одному із них формувальні зуби виконані під кутом  $\beta_3=10-15^\circ$  відносно вісі обертання формувального інструмента. Даний спосіб має перевагу, що пов'язана з можливістю виготовлення циліндричних і конічних ГГП широкого діапазону радіусів.

**УДК 621.002.5.52**

**А.Ф. Залятов, В.Т. Лебідь, докт. техн. наук, доц.**

Донбаська Державна машинобудівна академія, Україна

## **МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ЗМІЩЕННЯ БАНДАЖА З ВІСІ СКЛАДЕНОГО ВАЛЬЦЮВАЛЬНОГО ВАЛКА НА СТАДІЇ ЙОГО НАГРІВАННЯ ПІД ДЕМОНТАЖ**

**A.F. Zaliatov, V.T. Lebed, Dr., Assoc. Prof.**

## **MODELING OF THE PROCESS OF THE BANDAGE MOVEMENT FROM THE WIDE OF THE WELDED WELD AT THE STAGE OF ITS HEATING FOR DEMONSTRATION**

**Актуальність теми:** Одним з ефективних напрямків, пов'язаних з енерго- та ресурсощадними технологіями, є процес відновлення виробів, які відпрацювали свій ресурс, та повторне їх використання [1]. Розробка математичної моделі та траєкторій переміщень бандажу дозволяє у подальшому оптимізувати операцію теплового демонтажу охоплюючої і охоплюваної деталей (ООД) складених важковагових вальцювальних валків. З метою доведення цього процесу до сучасного рівня проведено розгляд траєкторії руху центра маси охоплюючої деталі під час її нагріву, вивчення і розробка системи інтелектуального контролю зміщення центра маси бандажу при протіканні процесу розкриття ООД, і реєстрації низки параметрів цієї операції в реальному часі для відображення процесу в візуальному вигляді на моніторі пульта оператора [2]. Це дозволяє істотно скоротити витрати на відпрацювання операцій і проведення розбирання складених виробів, що належать до тіл обертання.

Мета роботи полягає у побудові енергетичних оцінок для кутових швидкостей та прискорень, а також моделюванні траєкторій на різних етапах процесу нагріву бандажу під демонтаж.

Об'єктом дослідження динаміка процесу засковзування бандажу з поверхні вісі складеного вальцювального валка в одномірному випадку - лише при вертикальному переміщенні.

Предметом дослідження є побудова енергетичних оцінок для кінематичних характеристик переміщень бандажу.

Наукова новизна полягає в розробці вимірювальної системи, яка визначає момент розходження ООД та проміжок, що дозволяє зробити керованим процес розкриття з'єднання в процесі нагріву складених вальцювальних валків (СВВ) у печі швидкісного нагріву (ПШН) [3], для подальшого демонтажу. Впровадження розробленої вимірювальної системи дозволяє демонтувати СВВ усього діапазону їх типорозмірів, які можуть бути встановлені в ПШН.

Практична цінність досліджень полягає в розробці математичної моделі та подальшого створення вимірювальної системи, що дозволяє розглянути процес розкриття ООД при нагріві виробу у ПШН та закласти базові положення для подальшої реалізації даного процесу демонтажу в промислових умовах.

Методи дослідження: рівняння кінематичної механіки;- моделювання в пакеті програм MatLab Simulink.

При визначенні просторово-часового положення систем, коли деформації систем відсутні або досить незначні, система розглядається як абсолютно тверде тіло. Положення такої системи в просторі визначається положенням якої-небудь однієї її точки. У даній роботі розглядаються алгоритми визначення просторово-часового положення тіл обертання, коли під дією температури в ПШН бандаж СВВ

розширюється. Розгляд даного завдання базується на рішенні систем диференціальних рівнянь, які дозволяють встановити геометричну траєкторію руху тіла обертання щодо вісі СВВ. Для визначення положення точки в тривимірному просторі досить встановити рівняння трьох площин, або рівняння двох прямих, або рівняння однієї прямої і однієї площини.

Вихідними даними для складання рівнянь є: кути між напрямком на точку з встановленими координатами і напрямком на визначену точку, і відстань, вимірний від точки з відомими координатами до визначаюване.

Рівняння, які описують коливання центру ваги бандажа щодо вісі має вигляд:

$$m_B \cdot R_B(t)^2 \cdot \ddot{\alpha} + m_B \cdot g \cdot R_B(t) \cdot \sin \alpha = 0$$

де  $R_B$  – радіус бандажа;  $m_B$  – маса бандажа;  $\alpha$  – кут відхилення.

Радіус бандажа під час нагрівання змінюється за законом:

$$R_B(t) = R_0 + k \cdot (t - t_0) = 0$$

де  $t_0$  – початкова температура;  $R_0$  – початкове значення радіуса бандажа.

Координати XY визначаються:

$$Y = R \cdot \cos \alpha, \quad X = R \cdot \sin \alpha$$

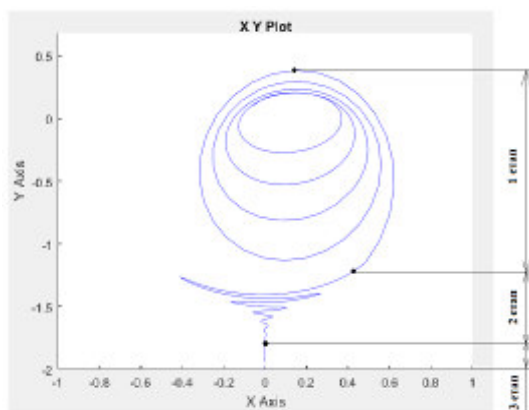


Рисунок 1 Характер зміни положення центра ваги бандажа щодо вісі вальцювального валка

Згідно аналізу впливає, що в процесі нагрівання бандажа його внутрішній діаметр збільшується, в наслідок чого зменшуються площі контакту спряжених поверхонь тіл обертання і з'являються коливання виробу, які зникають при завершенні формування розрахованого проміжку. Результати розробок дозволили оформити низку заявок на отримання патентів.

### **Література**

1. Лебедь В.Т Ресурсосбережение в тяжелом машиностроении. Реинжиниринг крупногабаритных изделий: монография / В. Т. Лебедь, А. А. Пермяков, А. Н. Шелковой. - Краматорск: ДГМА, 2015. – 301с. ISBN 978-966-379-705-2.

2. Лебідь В. Т., Система контролю ведення процесу демонтажу великогабаритних складених виробів / В. Т. Лебідь, Є. І. Донченко, М. С. Ананьєв // Збірник тез доповідей III Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології промислового комплексу» (12-17 вересня 2017р.) /МОН України. – Херсон : Національний технічний університет, 2017. - С.159-160.

3. Лебідь В. Т. Керування процесом демонтажу складених важковагових виробів на стадії їх нагрівання у печах швидкісного нагріву. / Лебідь В. Т., Залятов А.Ф., Руденко В.М. // Всеукраїнська науково-практична Інтернет-конференція. Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології у виробництві та освіті: стан, досягнення, перспективи розвитку - Черкаси. Черкаський національний університет, 2018. – С.11-13.

**УДК 624.012.25**

**В.Б. Ігнат'єва, канд. техн. наук, В.М. Білінський, В.М. Бень, Д.В. Скакун**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ВИКОРИСТАННЯ ДЕФОРМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ПРИ РОЗРАХУНКУ НЕСУЧИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД**

**V.B. Ignatieva, Ph.D., V.M. Bilinsky, V.M. Beny, D.V. Scakun**  
**THE USE OF DEFORMATION MODEL IN CALCULATION OF CONSTRUCTION  
CONSTRUCTIONS BUILDING AND SPORT**

До недавнього часу норми проектування передбачали вести розрахунок залізобетонних конструкцій за 1-ю і 2-ю групами граничних станів з урахуванням перерозподілу зусиль. Урахування перерозподілу зусиль виконувалось з метою більш достовірного визначення міцності, деформативності і тріщиностійкості конструкцій, раціонального їх проектування і отримання економічного і виробничого ефекту.

Загальні передумови метода граничної рівноваги такі:

- деформації конструкції до настання межі її несучої здатності повинні бути достатньо малими для того, щоб можна було нехтувати зміною геометричних характеристик;
- зусилля в елементах конструкцій повинні бути обмеженими граничними умовами, з досягненням яких деформації елементів можуть суттєво зростати.

На сучасному етапі розвитку теорії бетону і залізобетону раніше розроблений метод граничної рівноваги має такі недоліки:

- граничні умови досягнення граничного стану, не відповідають сучасним уявленням про повні діаграми деформування бетону і арматури і не передбачають можливості утворення пластичних шарнірів внаслідок суттєвих деформацій бетону;
- в розрахункову схему напружено-деформованого стану покладена прямокутна епюра напружень в бетоні стиснутої зони, що є умовною;
- прийнята методика розрахунків не дає можливості визначати напружено-деформований стан поперечного перерізу балок на будь-якій стадії їх навантаження;
- в розрахунках залізобетонних балок при дії повторних малоциклових навантажень не враховується зміна механічних характеристик бетону і арматури.

На сучасному етапі розробки нормативної бази проектування залізобетонних конструкцій приймається деформаційна модель, в основу якої покладені такі положення:

- рівняння рівноваги зовнішніх і внутрішніх зусиль в нормальному перерізі;
- умови деформування матеріалів у вигляді лінійного розподілення деформацій по висоті перерізу (справедливість гіпотези плоских перерізів);
- повні діаграми деформування бетону і арматури, які встановлюють зв'язок між напруженнями і деформаціями при навантаженні аж до руйнування.

Основним інструментом деформаційної моделі є повні діаграми деформування бетону і арматури, що визначають роботу матеріалів як в області пружного, так і в області пластичного деформування. Розрахунок конструкцій за такою методикою дає більш достовірні дані, що дозволяє зекономити матеріал при їх виготовленні.

### **Література**

1. Бабич Є.М. Розрахунок нерозрізних залізобетонних балок із використанням деформаційної моделі / Бабич Є.М., Бабич В.Є., Савицький В.В. // Рекомендації. – Рівне, 2005. – 37 с.

2. ДБН В.2.6-98:2009 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. – 71 с.



**УДК 621.793**

**Д.О. Ільчук, І.Г. Ткаченко канд. техн. наук, доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ОСНОВНИХ ОТВОРІВ З МЕТОЮ ВИПРАВЛЕННЯ БРАКУ**

**D.O. Ilchuk, I.G. Tkachenko Ph.D., Assoc. Prof.**

## **INVESTIGATION OF THE TECHNOLOGY FOR THE RESTORATION FOR MAIN HOLES WITH THE PURPOSE OF CORRECTION**

Корпусні деталі присутні в конструкції практично усіх виробів машинобудівної промисловості. Вони складають, значну частину загальної ваги машин (наприклад, у верстатах до 70-90 %) [1]. Прикладом таких деталей можуть слугувати станини токарних верстатів, корпуси редукторів різноманітного призначення тощо.

Їх форма, як правило, має вигляд порожнистого прямокутника, у стінках якого виконано отвори, що виконують функцію базових поверхонь для монтажу підшипників обертання.

Згадані отвори виконують з точністю 6-8 квалітету, тому їх оброблення здійснюють під час останніх операцій технологічного процесу [2].

В результаті обробки деталі з порушенням вимог конструкторської і технологічної документації, деталь може виявитися бракованою. Виникнення виробничого браку тягне за собою значні економічні збитки, зважаючи на значну вартість корпусних деталей [3].

Основні вимоги до технології відновлення основних отворів корпусних деталей – це забезпечення їх належних розмірів та якості поверхонь, а також високої зносостійкості. Відновлення основних отворів за допомогою згортних втулок передбачає розточування поверхонь отворів на глибину 1-1,2 мм, виготовлення згортних втулок із листової сталі, запресовування втулок у розточені отвори та їх розкочування з метою закріплення, формування внутрішнього розміру і зміцнення поверхні отвору, що забезпечує створення поверхневого шару металу з кращими фізико-механічними властивостями порівняно з новими деталями і відповідно з вищою зносостійкістю.

Технологічний процес відновлення основних отворів включає наступні операції: розточування основних отворів; складання вузла формування втулки; знежирювання основних отворів і втулок; нанесення полімерного матеріалу на втулку; складання, центрування втулок в отворі пристроєм з наступною полімеризацією; контроль якості та точності відновлених отворів.

Глибину різання назначають, виходячи з отриманих припусків на оброблення, що забезпечує встановлення втулки у отвір з зазором 0,1-0,12 мм. Величину подачі назначають з умови отримання необхідної шорсткості відновлюваних отворів, яка становить, як правило  $R_z = 40$  мкм

Технологічний процес виготовлення розмірної втулки включає наступні операції: розрізання сталевго листа на пластини-заготовки; розрізання пластин-заготовок у розмір; зняття заусениць і фасок; становлення згортних втулок у матрицю; розкочування згортних втулок; контроль якості виготовлених втулок.

Для виготовлення згортних втулок використовують вуглецеві листові сталі від сталі Ст. 3 до сталі 45. Вибір товщини втулки назначають залежно від фактичного розміру основного отвору. Ширину згортної втулки приймають на 8-10 % меншою від ширини основного отвору корпусної деталі.

Корпусні деталі встановлюють на пристрій, який забезпечує центрування вузла формування втулки відносно основних отворів (рис. 1).

Після центрування вузла формування геометрії втулки відносно отвору приступають до нанесення анаеробного полімерного матеріалу. Норма витрати полімерного матеріалу становила 1-4 г на 100 см<sup>2</sup> поверхні.

Полімеризацію анаеробного полімерного матеріалу проводять при температурі 22 °С не менше 24 години з моменту закінчення складання. Після розбирання спеціального пристрою для центрування залишки полімеру усувають ватним тампоном змоченим ацетоном.

Контроль параметрів точності відновлених отворів здійснюють за допомогою універсальних і спеціальних вимірювальних пристроїв. У випадку відхилень параметрів точності корпусна деталь підлягає повторному відновленню. Для цього втулка випресовується і, разом з поверхнею основного отвору, очищається від полімерного матеріалу.

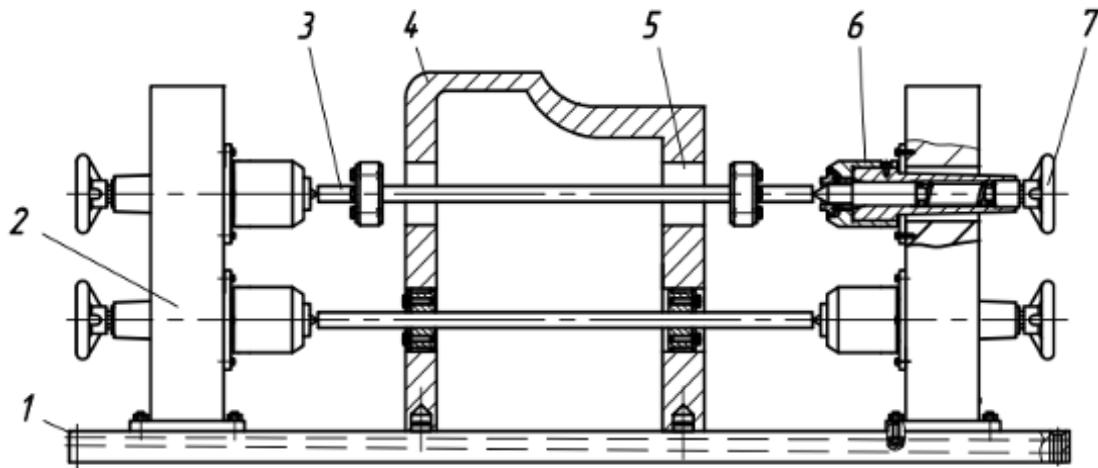


Рисунок 1. Стенд для центрування втулок відносно основних отворів:  
1 – основа; 2 – корпус; 3 – вал; 4 – деталь; 5 – отвір; 6 – бачка; 7 – ручка

Пропонована технологія має ряд істотних переваг перед існуючими. Це застосування дешевих і доступних матеріалів для виготовлення втулок, мінімальні затрати енергії і людської праці, відсутність шкідливого впливу на навколишнє середовище і працюючих.

Собівартість відновлених корпусів не перевищує 20-25 % вартості нових, зносостійкість відновлених поверхонь у 2-3 рази вища, ніж у нових деталях.

Технологія основних отворів за допомогою згортних втулок може бути використана на підприємствах при виправленні браку, а також при ремонті корпусів коробок передач, задніх мостів, двигунів тощо.

### **Література**

1. Мірошник В. О., Фабровський Є. М. Ремонт будівельних і меліоративних машин: навч. посіб. – Київ: Вища школа, 1995. – 207 с.
2. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б., Гевко Ів. Б. Технологія оброблення корпусних деталей : навч. посіб. – Тернопіль: ТНТУ, 2016. – 156 с.
3. Сухарев Э.А. Общая теория капитального ремонта машин: учеб. пособ. – Ровно: изд-во РГТУ, 2001. – 202 с.

**УДК 699.814**

**С.В. Іщук, А.П. Сорочак, канд. техн. наук, доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ОЦІНКА НДС СТАЛЕВОЇ ФЕРМИ ПІД ЧАС ПОЖЕЖІ**

**S.V. Ishchuk, A.P. Sorochak, Ph.D., Assoc. Prof.**

### **ASSESSMENT OF THE STRASS-STRAIN STATE OF STEEL TRUSS DURING FIRE**

При проектуванні промислових об'єктів важливу роль відіграє дослідження вогнестійкості конструкцій та пов'язана з ним потреба в достовірній оцінці їх напружено-деформівного стану (НДС) під час розвитку пожежі. Для цього як в Україні, так і закордоном впроваджено ряд нормативних документів, які регламентують мінімально необхідну вогнестійкість конструкцій та методику її визначення, встановлюють обов'язкові заходи щодо вогнезахисту [1]. Особливо актуальними дані дослідження є для металоконструкцій, для яких характерна порівняно невелика маса, висока теплопровідність, використання тонкостінних чи перфорованих профілів, внаслідок чого – значна швидкість нагріву та високі температурні напруження.

В роботі виконано дослідження НДС односкатної сталеві ферми прольотом 18 м, виготовленої з парних кутників. Матеріал – Сталь С255. Дослідження виконували шляхом комп'ютерного моделювання в два етапи:

1) За допомогою програмного пакету PyroSim 2015 виконано моделювання загоряння та подальшого розвитку стандартної пожежі за [2] в приміщенні проектного цеху з виготовлення газобетонних блоків. Внаслідок розрахунку одержано карту температурних полів по нижніх та верхніх поясах ферм в приміщенні цеху та залежності зміни температури з часом.

2) На основі визначених температурних впливів за допомогою програмного пакету ЛІРА-САПР 2015 проведено моделювання НДС проектнової сталеві ферми з урахуванням статичної складової експлуатаційного навантаження. Внаслідок розрахунку отримано епюри переміщень та напружень в елементах ферми в момент часу  $t_{вим}$  (від початку вогневого впливу), що дорівнює нормованій межі вогнестійкості згідно [3] (R15).

Запропонований двоетапний варіант моделювання дозволяє з достатньою достовірністю оцінити як вражаючі фактори при пожежі, що становлять загрозу для життя людей (температура, вміст СО, видимість внаслідок задимленості), так і вплив високих температур на напружений стан несучих конструкцій будівлі. Перевагою такого підходу з використанням розрахункових моделей є значне скорочення часу та вартості оцінки пожежної стійкості, можливість багатоваріантного розрахунку на різні температурні режими з подальшою оптимізацією конструкцій на етапі проектування.

#### **Література**

1. Крутигорова, Б.І. Аналіз підходів до визначення пожежної стійкості будівельних об'єктів / Б.І. Крутигорова, А.П. Сорочак // Актуальні задачі сучасних технологій: збірник тез доповідей V Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів (Тернопіль, 17-18 листопада 2016 р.). – Тернопіль: ТНТУ, 2016. – Т. 1. – С. 243.

2. ДСТУ Б В.1.1-4-98. Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги. – К: Держбуд України, 1999. – 20 с.

3. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. – К: Мінрегіонбуд, 2017. – 40 с.

УДК621.86

П.В. Казмірчук, Б.Т. Бартош

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## УНІВЕРСАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ РОЗТОЧУВАННЯ ОТВОРІВ І НАРІЗАННЯ РІЗИ

P.V. Kazmirchuk, B.T. Bartosh

### UNIVERSAL DEVICE FOR DISPLAYING CREATES AND REDUCTION

Універсальний пристрій для розточування отворів і нарізання різи зображено рис. 1., який виконано у вигляді хвостовика 1. В корпусі 2 нижньої частини виконано ексцентричний отвір 3, який є перпендикулярним до вертикальної осі хвостовика 1. В цьому отворі 3 переміщуються попарні змінні державки 4 і 5 для розточування отворів і оправки 6 і 7 для нарізання різи, які змінюють в процесі роботи. Вони попарно своїми торцевими поверхнями внутрішньої шліцьової втулки 8 і 25 шліцьовим валом 9 по перехідній посадці з'єднані між собою. На циліндричних змінних кінцях державки 4 нарізана різь, яка є у взаємодії з ноніусною гайкою 10. Ноніусна гайка 10 розміщена в пазу 11 ексцентричного корпусу 2 з зазором 0,01...0,02 мм.

Ріжучі кінці державок 4 і 5 виконані у вигляді ріжучих елементів для оброблення отворів, а на оправці 6 і 7 нарізана різь відповідного розміру. На ноніусній гайці 10 по зовнішньому діаметру 30 виконана накатка 12 і просвердлені отвори 13, які використовують при повороті ноніусної гайки 10 вручну чи за допомогою воротка.

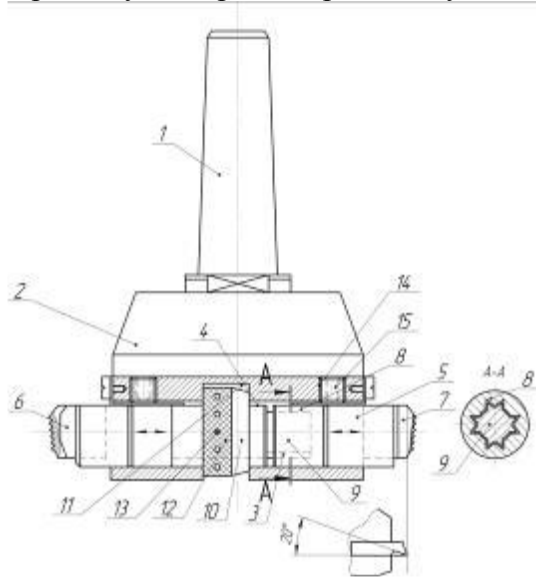


Рисунок 1. Універсальний пристрій для розточування отворів і нарізання різи

Ріжучі змінні елементи державки 4 і 5 і різьбові елементи оправки 6 і 7 попарно з'єднані з центровими шліцями втулки 8 і валом 9 трикутної форми по перехідних посадах. Пружини 14, які лежать на лисках і закріплені до торця корпусу 2, запобігають зміщенню при 35 закручуванні гвинтів 15 і пригальмовують державки 4 і 5 в моменти регулювання розмірів і ліквідують зазор в різьбовому з'єднанні гайки 11 і державок 4 і 5. Розвертку доцільно виготовляти з мінімальним радіусом 200мм.

Розвертка використовується для калібрування отворів консольними оправками і борштангами після попереднього розточування отворів і підрізка торців розточними різцями.

Робота пристрою здійснюється наступним чином. При першій операції розточування здійснюється за допомогою розточних різців, а нарізання різи заміною розточних різців на 40 різьбові. Впровадження дволезової розвертки для розточування і нарізання різи у великогабаритних деталях дозволяє зменшити кількість їх типорозмірів, дозволить підвищити продуктивність праці при чистовому розточуванні на 30...50 %, скоротити на 10...20 % об'єм пригонювальних робіт при складанні і забезпечити високу якість обробки. Крім цього пристрій забезпечує розширення 45 технологічних можливостей і підвищення продуктивності праці.

**УДК 621.924**

**<sup>1</sup>А.В. Кенс, <sup>2</sup>І.П. Федорів**

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

<sup>2</sup> Технічний коледж Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя

## **ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ БОРНОЇ КИСЛОТИ В ДЕАЕРАТОРІ**

**A.V. Kens, I.P. Fedoriv**

### **RESEARCH OF THE AUTOMATED REGULATION SYSTEM OF BORNIC ACID CONCENTRATION IN THE DEAERATOR**

Для одержання прийнятної тривалості роботи ядерного реактора у нього необхідно завантажити надкритичну кількість ядерного палива. Створений при цьому запас реактивності в реакторі необхідно компенсувати. У сучасних реакторах створений запас реактивності компенсується механічними органами регулювання й рідким поглиначем - борною кислотою, розчиненою у воді першого контуру. Борне регулювання призначена для компенсації повільних змін реактивності й підтримки реактора в критичному стані при ксеноновому отруєнні в режимі скидання навантаження, а також для зміни концентрації борної кислоти в режимах пуску й зупинки блоку.

Диференціальне рівняння балансу кількості борної кислоти в першому контурі з об'ємом води в ньому  $V$  ( $m^3$ ) із щільністю води  $\gamma$  ( $kg/m^3$ ) і поточним значенням концентрації борної кислоти  $C(t)$   $g/kg$  має вигляд [1]:

$$\gamma V \frac{dC}{dt} = C_n G_n - C(t) G_y,$$

де:  $C_n$   $g/kg$  – концентрація борної кислоти в підживлювальній воді (у баку борного регулювання);

$G_n$   $kg/s$  – масова витрата, яка забезпечується системою підживлення I-го контуру;

$G_y$   $kg/s$  – витрата витоків (дренажу) I-го контуру.

Тут перший доданок правої частини – швидкість збільшення маси борної кислоти в першому контурі, що приходить із системи борного регулювання через систему підживлення, а друга – швидкість виведення маси борної кислоти з I-го контуру за рахунок витоків.

Якщо в деякий момент часу  $t=0$ , прийнятий за момент початку відліку перехідного процесу, величина концентрації борної кислоти в контурі була  $C_0$ , то рішенням рівняння при такій початковій умові буде:

$$C(t) = C_n - (C_n - C_0) \exp\left(-\frac{G_n}{\gamma V} t\right),$$

- тобто зміна концентрації борної кислоти в I-го контурі в загальному випадку водообміну відбувається в часі за експонентним законом.

Якщо початкове значення концентрації  $C=0$  (що буває при першому введенні борної кислоти у воду першого контуру), то характер зміни концентрації борної кислоти матиме вигляд:

$$C(t) = C_n \left[ 1 - \exp\left(-\frac{G_n}{\gamma V} t\right) \right],$$

тобто при первинному введенні борної кислоти в контур наростання концентрації борної кислоти відбувається за експонентним законом, причому для конкретної атомної енергетичної установки (АЕУ), що працює в режимі з фіксованими параметрами, темп наростання концентрації визначається тільки величиною концентрації кислоти в баку борного регулювання  $C_n$  і продуктивністю підживлювальних насосів першого контуру  $G_n$ .

Чим більша подача підживлювальних засобів, тем вищий темп наростання концентрації борної кислоти у воді I-го контуру. Чим вища концентрація борної кислоти в підживлювальній воді, тим вища швидкість росту концентрації кислоти в I-му контурі (рис.1).

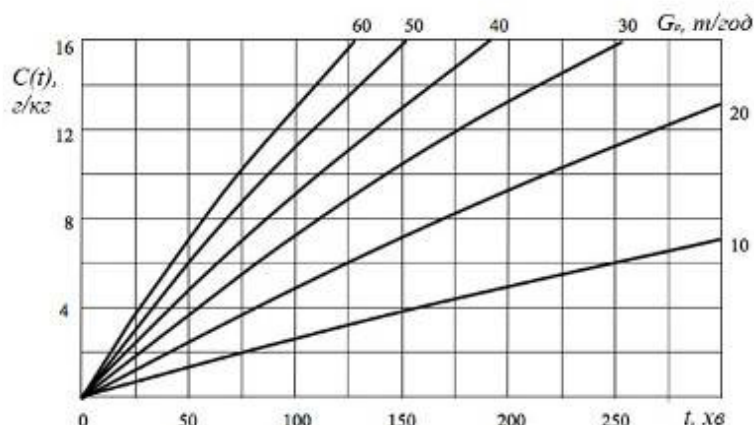


Рисунок 1. Ріст концентрації борної кислоти при первинному введенні її в перший контур (концентрація введеного розчину – 40 г/кг)

Конструктивно вимірювальний канал лінії борного регулювання складається з пульта і датчика, встановленого на трубопроводі або в баку [2]. Нейтрони, що випускаються плутоній-берилієвим джерелом, попадають у досліджуваний розчин борної кислоти, де відбувається їхня затримка при взаємодії з ядрами водню й поглинання ядрами ізоотопу  $^{10}\text{B}$ . Частина вповільнених нейтронів відбивається з розчину й попадає в чутливий обсяг гелієвого лічильника. Кількість нейтронів, що попадають в обсяг лічильника, зменшується зі збільшенням концентрації борної кислоти. Для забезпечення завадостійкості в датчику проводиться посилення сигналу, що надходить із лічильника нейтронів, амплітудний відбір за допомогою дискримінатора й формування імпульсу для трансляції сигналу на вхід пульта вимірювального, у якому за допомогою інтегрального дискримінатора відбувається відділення сигналу від перешкоди. У вимірювальному пульті відбувається перетворення вступників імпульсів у вихідний аналоговий сигнал 0-5 мА, який має лінійну залежність від концентрації борної кислоти. До складу концентратоміра входить пристрій обробки інформації й датчик. Кількість нейтронів, що попадають в об'єм лічильника, зменшується зі збільшенням концентрації ізоотопу  $^{10}\text{B}$  у розчині. Інформація у вигляді імпульсів з один або двох датчиків надходить на пристрій обробки інформації, що представляє собою мікропроцесор, який працює в програмному режимі, де вона накопичується в лічильниках за певний інтервал часу, а потім розраховується концентрація ізоотопу  $^{10}\text{B}$  у розчині.

#### **Література**

1. Білий М.У. Атомна фізика / Білий М.У., Охрименко Б.А. - К.: Знання, 2009. – 559 с.
2. Находкін М.Г. Атомна фізика. – К.: КНУ, 1999. – 553 с.
3. Бушок Г.Ф. Курс фізики. Оптика. Фізика атома та атомного ядра. Кн.3/ Бушок Г.Ф., Є.Ф.Венгер. -К.:Вища школа. 2003.-311с.

УДК 637.125: 621.521

Я.І. Кішевка, П.С. Федорів

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА НЕРІВНОМІРНОСТІ ПОДАЧІ ВИТІСНЮВАЧА ВАКУУМНОГО ШПРИЦА

Y.I. Kikhevka, P.S. Fedoriv

### RESEARCH OF UNEVENNESS SERVE DISPLACER OF A VACUUM SYRINGE

Розвиток сучасної науки і техніки базується на найважливіших вимогах сьогодення - підвищення організаційно-технологічної гнучкості виробництва, впровадження автоматизованих систем в різні його сфери, а в першу чергу — в проектування і управління технологічними процесами.

Витіснювач вакуумного шприца за конструкцією та принципом роботи є пластинчастим насосом однократної дії. При обертанні ротора відбувається збільшення робочої площі, що викликає збільшення об'єму камери, утвореної циліндричними поверхнями статора і ротора, двома пластинами і двома торцевими поверхнями, які конструктивно можна представити у вигляді торців двох кришок.

Зменшення робочої площі викликає зменшення обсягу аналогічної камери. Тому в першій камері утворюється розрідження, й її об'єм заповнюється усмоктуваною робочою рідиною. Зменшення обсягу другої камери викликає нагнітання робочої рідини в напірну магістраль насоса.

Однією з основних характеристик роботи вакуумного шприца, що визначає якість формування ковбасних виробів є коефіцієнт нерівномірності подачі витіснювача. Для встановлення залежності зміни потоку (пульсацію) і коефіцієнта нерівномірності подачі, потрібно просумувати витрати робочої рідини (м'ясного фаршу), яка нагнітається всіма камерами у результаті геометричної зміни їх об'ємів. Витрату робочої рідини, що нагнітається однією камерою витіснювача, без врахування об'єму пластин можна виразити рівнянням:

$$\frac{dV_i}{dt} = \frac{dV_\varphi}{d\varphi} \cdot \frac{d\varphi}{dt}$$

де  $V_i$  – об'єм камери між пластинами,  $\text{м}^3$ ;  
 $S$  – площа камери між пластинами,  $\text{м}^2$ .

Після диференціювання та підстановки отримаємо:

$$\frac{dV_i}{dt} = -\omega \cdot B \cdot R \cdot e \left\{ \cos \varphi - \cos(\varphi + \beta) + \frac{e}{R} [\cos^2 \varphi - \cos^2(\varphi + \beta)] \right\}.$$

Тоді сума витрат запишеться у вигляді:

$$\sum \frac{dV_i}{dt} = \omega \cdot B \cdot R \cdot e \left\{ \sum_{k=0}^{m-1} \cos(\varphi + k \cdot \beta) - \sum_{k=0}^{m-1} \cos(\varphi + \beta + k \cdot \beta) + \frac{e}{R} \cdot \sum_{k=0}^{m-1} \cos^2(\varphi + k \cdot \beta) - \frac{e}{R} \sum_{k=0}^{m-1} \cos^2(\varphi + \beta + k \cdot \beta) \right\},$$

де  $k$  – коефіцієнт, що приймається  $0, 1, 2, \dots, m - 1$ ;  
 $m$  – кількість камер, що одночасно знаходяться в зоні нагнітання;  
 $\beta$  – кут між пластинами,  $\beta = 2\pi/z$ .

Для непарної кількості пластин при зміні  $\varphi$  від  $\beta/2 = -\pi/z$  до  $0$ ,  $m = (z+1)/2$ , при зміні  $\varphi$  від  $0$  до  $\beta/2 = \pi/z$ ,  $m = (z+1)/2$ . Для парної кількості пластин  $m = z/2$ .

Коефіцієнт нерівномірності подачі витіснювача вакуумного шприца в результаті геометричної зміни об'ємів камер визначається за рівнянням:

$$\delta_n = \frac{\left(\sum \frac{dV_i}{dt}\right)_{\max} - \left(\sum \frac{dV_i}{dt}\right)_{\min}}{Q_T} \cdot 100\%$$

Для наближеного обчислення при непарній кількості пластин можна прийняти  $\operatorname{tg}(\pi/z) \approx \pi/2z$ , після чого рівняння прийме вигляд:

$$\delta_n = 500 / z^2, \%$$

Приймаючи  $\operatorname{tg}(\pi/4z) \approx \pi/4z$ , для непарної кількості пластин отримуємо наближене рівняння:

$$\delta_n = 125 / z^2, \%$$

У результаті аналізу отриманих наближених рівнянь для розрахунку коефіцієнта нерівномірності подачі витіснювача для парної та непарної кількості пластинок досліджено вплив кількості пластинок на рівномірність подачі витіснювача вакуумного шприца. Результати розрахунків представлені на рис.1.

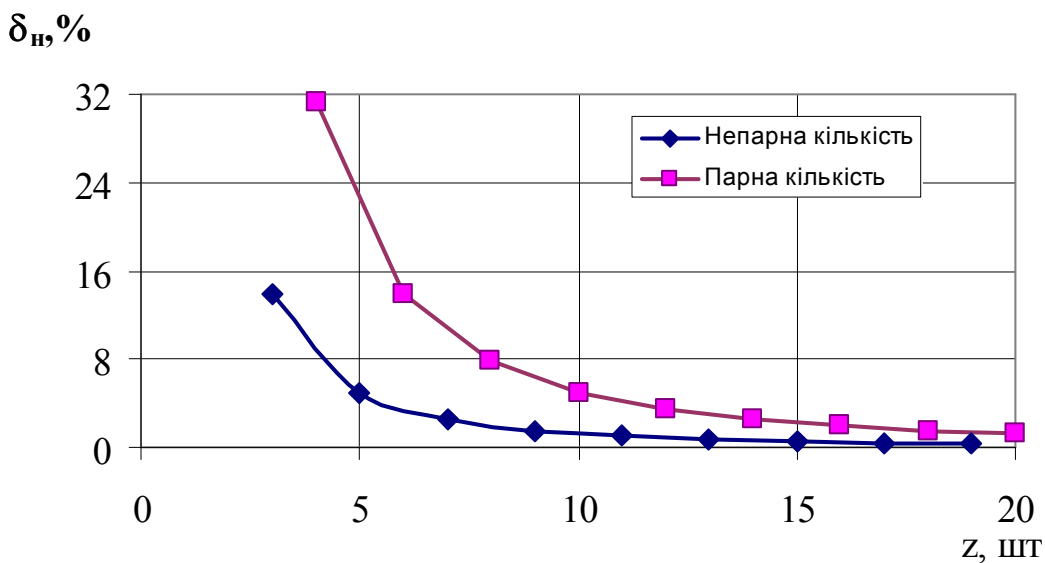


Рисунок 1. Вплив кількості пластинок на рівномірність подачі витіснювача вакуумного шприца

Аналіз результатів показує, що суттєвий вплив на нерівномірність подачі відбувається при кількості пластинок менше 5 – для непарної їх кількості, і менше 6 – для парної. При чому використання непарної кількості пластинок покращує технологічний процес обробки напівфабрикату. Але для прийнятої кількості пластинок коефіцієнт нерівномірності становить 3,47%, що є допустимим.

### Література

1. Зайченко И.З. Пластинчатые насосы и гидромоторы/ Зайченко И.З., Мышлевский Л.М. - М.: Машиностроение, 1970. — 229с.
2. Дмитрів В.Т. Дослідження об'ємної подачі насоса в залежності від його параметрів/ Дмитрів В.Т., Федорина Д.І. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Харків -2013.- №132. – с.320-323.



**УДК 669.539**

**Р.І. Когут**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ХОДОВОЇ ЧАСТИНИ РОЗКИДАЧА ОРГАНІЧНИХ ДОБРИВ РОУ-6**

**R.I. Kogut**

### **IMPROVEMENT OF THE DESIGN OF THE CHASSIS OF THE SPREADING OF ORGANIC FERTILIZER ROU-6**

В сучасному сільському господарстві України для внесення органічних добрив широко застосовуються спеціальні машини, які крім цього призначені для перевезення різних сільськогосподарських вантажів на невеликі відстані (до 30 км), в більшості випадків у важких дорожніх умовах.

Розкидач органічних добрив РОУ-6 відноситься до класу універсальних машин, оскільки призначений для перевезення, розкидання і вивантажування різних вантажів без застосування спеціальних пристосувань.

В даний час для виконання таких робіт широко застосовують універсальний розкидач-вивантажувач гною самоскидний.

Розкидач гною призначений для збирання гною з похилого транспортера та транспортування його до місця внесення і розкидання його по поверхні ґрунту.

Також РОУ-6 призначений для поверхневого розкидання органічних добрив, торфокрошки, компостів та ін. Без розкидального пристрою використовується для перевезення різноманітних сільськогосподарських вантажів.

Розкидач представляє собою двовісний напівпричіп, який складається з наступних вузлів: рама, кузов, ходова частина, гальмівна система, електрообладнання, гідросистема. Ходова частина розкидача складається з правої та лівої колісної пари, яка встановлюється на коливних балансирах.

Аналіз його конструктивно-технологічної схеми показує, що вона має суттєвий недолік, що стосується конструкції ходової частини – вона дорога і дуже матеріаломістка: осі колісної пари виготовлені з труби, що в даний час має високу ціну, а колеса кріпляться на підшипниках, які при заміні конструкції осі можна замінити на менші за розміром і дешевші в ціні.

Конструкція кріплення балансирів до рами має бути більш економічною, оскільки тут теж застосована труба, яка має високу собівартість.

Тому виникає потреба розробити нову конструкцію деяких складальних одиниць та деталей ходової частини розкидача, або вдосконалити існуючу, з тим щоб усунути виявлені недоліки і тим самим покращити конструкцію.

У роботі ставиться завдання вдосконалення балансирного візка розкидача РОУ-6, а саме ходової системи, що дасть можливість збільшити надійність даної конструкції і зменшити металовитрати.

Метою роботи є розробка конструкції осей колісних пар і осей кріплення балансира до рами, а також заміна підшипників кочення на підшипники ковзання.

Детально розробляється ходова система, а саме: балансир та осі коліс. Вона повинна забезпечувати надійну роботу розкидача та знизити металомісткість даного вузла. Завдяки розроблюваній конструкції розкидача є можливість транспортувати гній різної щільності навіть до рідкого, а також інші вантажі.

УДК 621.914

**М.Р. Паньків канд.тех. наук, доцент, О.В. Командовський**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМУ РІЗАННЯ**

**M.R. Pankiv Ph.D, Assoc. Prof, O.V. Komandovsiy**

### **RESEARCH OF DEPENDENCES OF OPTIMAL CUTTING MODE**

На етапі технологічної підготовки виробництва для верстатів з ЧПУ використовують САМ-системи, що автоматично проєктують траєкторії (формуєтворючого) руху та визначають деякі допоміжні параметри процесу обробки. Значне підвищення продуктивності обробки може бути досягнуто при автоматичному визначенні оптимального режиму різання. Таке завдання можна вирішити за допомогою спеціальних модулів САМ-систем, мають наступну структуру (рис.1.1), яка утворює САУ за апріорною інформацією.

Первинна інформація про хід процесу різання, крім констант, що вводяться раніше, отримується з модулю розрахунку поточної глибини різання, який зв'язаний з програмою управління формуєтворючими рухами. Далі, у відповідності до оптимізаційної математичної моделі процесу різання визначаються оптимальні величини впливів, що управляють (наприклад, подачі і швидкості різання). Визначені величини поступають на модуль програмного управління, що виробляє команди для відповідних приводів верстата.

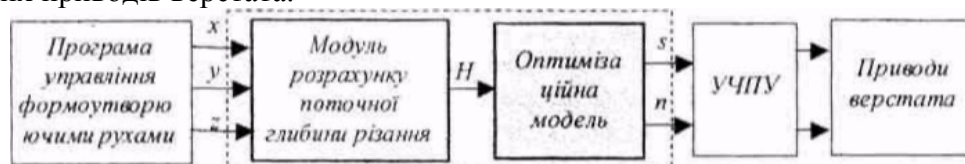


Рисунок 1 - Структура САУ оптимального управління

Таким чином, основою будь-якої САУ оптимізації процесу різання є його оптимізаційна математична модель, що зв'язує критерій оптимізації з керуючим впливом - подачею і швидкістю різання.

В результаті розв'язання задачі оптимізації знаходять керуючий вплив, що забезпечує максимум продуктивності або мінімум собівартості при безумовному виконанні вимог обмежень за якістю обробки. Крім традиційних критеріїв оптимізації (продуктивність чи собівартість) в залежності від результатів техніко-економічного аналізу застосовують критерій максимальної інтенсивності зняття припуску. Розробка математичної моделі прорезу різання є найважливішим етапом створення алгоритму оптимізації. При традиційному, класичному підході, математична модель будується у вигляді системи рівнянь і нерівностей, що виражають зв'язки між управляючими впливами, обмеженнями і прийнятим критерієм оптимальності на основі класичних залежностей теорії різання.

Для випадку обробки різанням на токарному верстаті за один прохід з постійною глибиною різання, що дорівнює припуску на обробку (ідеальний випадок), режим різання буде оптимальним при такому поєднанні подачі і швидкості різання, коли основний технологічний час буде мінімальним. Таке оптимальне рішення знаходять, відшукуючи такі невід'ємні значення управляючих впливів (подачі  $s$  і частоти обертання  $p$  шпинделя) при задоволенні всім обмеженням, що доставляють мінімум критерію оптимальності - технологічному часу.

**УДК 621.09**

**В.В. Комарянський, М.І. Лопушнська**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### **ШЛЯХИ ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ВІБРОАБРАЗИВНІЙ ОБРОБЦІ**

**V.V. Komaryanskyi, M.I. Lopushynska**

### **WAYS TO IMPROVE THE QUALITY OF A DETAIL'S SURFACE DURING VIBRATORY FINISHING**

Якість продукції машинобудівного виробництва є найбільш об'єктивним і узагальнюючим показником науково-технічного прогресу, рівня організації виробництва, культури й дисципліни праці. Забезпечення якості виробів нерозривно пов'язано з фінішною та викінчувальною обробкою. Частка цих робіт сягає 25-30% загальної трудомісткості виготовлення виробів. Існуючий рівень технологічного оснащення фінішних операцій на багатьох підприємствах значно нижчий рівня оснащення спряжених технологічних операцій. Частка ручної праці при видаленні задирок, округленні гострих кромок, покращенні якості поверхонь сягає 70-90%. Основними засобами виконання цих робіт є слюсарний інструмент та універсальне обладнання. Такий стан технології і технологічних засобів свідчить про актуальність задач механізації та автоматизації фінішних та викінчувальних операцій. Одним з основних засобів в досягненні цієї мети може стати впровадження вібраційних технологій та обладнання для їх реалізації.

Аналіз літературних джерел та досвіду підприємств з існуючих технологій показав, що віброабразивна обробка особливо ефективна при обробці поверхонь, що характеризуються наявністю задирок і ризок, отриманих після операції плоского шліфування. Традиційно після операції плоского виконується операція ручного полірування на повстяних кругах або операція електрохімічного полірування. Проте, ці операції, надаючи поверхні деталі дзеркального блиску, не забезпечують знищення ризок від попереднього плоского шліфування, що викликає невідповідність вимогам, які ставляться технічною документацією до готових виробів. Крім того, ручна обробка, яка застосовується, є малопродуктивною і трудомісткою. При цьому умови праці шкідливі і не відповідають вимогам до санітарного стану робочого місця.

З метою забезпечення необхідної якості поверхні та інтенсифікації процесу обробки, а також для зниження частки ручної праці вимагається проведення багатокритеріального проектування технологічних процесів віброобробки з використанням хімічно активних розчинів, а також вибір необхідного обладнання. Основними факторами, які формують технологічні процеси віброобробки і мають вирішальний вплив на забезпечення необхідної якості поверхонь, що обробляються, є такі: схема технологічного процесу обробки; конструктивні особливості обладнання; режими роботи устаткування; тип і грануляція наповнювача; склад хімічно-активного розчину. Тому, для підвищення ефективності процесів віброабразивної обробки необхідне проведення пошуку технічних рішень, які будуть оптимальними з точки зору продуктивності, активності та стійкості протікання технологічних процесів, рівня механізації та автоматизації, а також забезпечення необхідних параметрів якості при дотриманні усіх вимог охорони праці та навколишнього середовища.

**УДК 624.012.25**

**О.П. Конончук, канд. техн. наук, О.В. Жижін, С.Є. Дохтич**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ПІДСИЛЕНИХ ЗГИНАЛЬНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ**

**A.P. Kononchuk, Ph.D., O.V. Zhizhyn, S.E. Dokhtych**

## **RESEARCH OF HOUSING SUSTAINABILITY OF SUSPENDED BENDING CONCRETE ELEMENTS**

Кількість фізично застарілих будівель і споруд, які мають експлуатаційні пошкодження та дефекти, постійно зростає. Крім того, зі зміною призначення і умов експлуатації будівель та споруд, досить часто збільшуються експлуатаційні навантаження, які перевищують прийняті при проектуванні. Для продовження нормальної експлуатації конструкцій необхідне відновлення або збільшення їх несучої здатності. В останнє десятиліття, відновлення несучої здатності згинальних залізобетонних елементів армуванням полімер-композити (FRP) набули широкого використання. Зокрема, в США для зміцнення конструктивних елементів залізобетонних мостів широко застосовуються дані матеріали. Багатьма дослідниками виявлено, що використання FRP є ефективним, надійним і економічно ефективним засобом підсилення та продовження ресурсу використання залізобетонних конструкцій. В даний час в Американський інститут бетону (США) працює над створенням рекомендацій та стандартів застосування FRP до залізобетонних конструкцій.

Метою даної роботи є дослідження несучої здатності згинальних залізобетонних елементів, що підсилені за похилими перерізами. Для досягнення поставленої мети було передбачено вирішити наступні задачі: опрацювати існуючі на сьогоднішній день методики розрахунку несучої здатності за похилими перерізами згинальних залізобетонних елементів та адаптувати їх до розрахунку підсилених зразків.

Розглядати напружено-деформований і граничний стан припорної ділянки підсиленого вуглепластиковими елементами згинального залізобетонного елемента можна аналогічно як і для непідсиленого, оскільки наклеєні елементи підсилення розглядаються як додаткова зовнішня поперечна арматура. Такий підхід дозволяє адаптувати будь-яку методику розрахунку несучої здатності похилих перерізів непідсилених згинальних залізобетонних елементів, в тому числі методику ДСТУ Б В.2.6-156:2010, до аналогічного розрахунку підсилених, з врахуванням наклеєних елементів підсилення як додаткового поперечного армування вертикальними чи похилими стрічками або полотнами. Беручи за основу цей принцип, в даній роботі розроблено адаптовану методику розрахунку підсилених згинальних залізобетонних елементів за похилими перерізами та виконано їх розрахунок. Встановлено узгодженість отриманих результатів із даними інших дослідників.

### **Література**

1. Борисяк О.П. Напружено-деформований стан нормальних перерізів згинальних залізобетонних елементів, підсилених вуглепластиками за дії малоциклового навантаження / О.П. Борисяк, О.П. Конончук // Монографія. – Рівне: НУВГП, 2014. – 136 с.
2. Kononchuk O., Skyba O.: Computer software system as a tool for simulating the building constructions operation. Monografia. Projekt interdyscyplinarny projektem XXI wieku. Wydawnictwo Naukowe Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej. – 2017. – Tom 1. – pp. 155 – 162.

**УДК 621.9.048.4**

**М. Г. Королько, І.Г. Ткаченко канд. техн. наук, доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ ЕЛЕКТРОЕРОЗІЙНОЇ ОБРОБКИ ФОРМОУТВОРЮЮЧИХ ПОВЕРХОНЬ ПРЕС-ФОРМ**

**M.G. Korolko, I.G. Tkachenko Ph.D., Assoc. Prof.**

### **INVESTIGATIONS OF THE ELECTRO-EROSION TREATMENT REGIMES FOR MOULD SHAPE-FORMING SURFACES**

Вироби з пластмас впевнено витісняють метали, оскільки вони володіють рядом переваг: мають меншу масу, нижчу вартість, високу якість поверхні та хороший естетичний вигляд. Переважну більшість пластмасових деталей виготовляють методом лиття під тиском на термопластавтоматах з використанням прес-форм. Оскільки пластмасові деталі часто мають досить складну форму та конфігурацію, для отримання формують формують поверхонь прес-форм не завжди підходять традиційні методи механічного оброблення. Виходом є застосування операцій електроерозійної обробки [1]. При електроерозійній обробці, та само як і при механічній, отримати потрібну конфігурацію оброблюваної поверхні можна кількома способами: простим прямолінійним рухом спеціального інструменту складної форми (копіювально-прошивний спосіб); та комбінацією складних рухів універсального інструменту (дрото-вирізний спосіб) [2]. Потрібна якість поверхні, від легкої матовості до жорсткої віспи, що часто є елементами дизайну пластикових виробів, досягається за рахунок застосування певного матеріалу інструменту та режимів струму при обробленні.

Метою дослідження є встановлення взаємозв'язку між: режимами струму і виду матеріалу інструменту та якістю поверхні; режимами струму і видом матеріалу інструменту та продуктивністю обробки; продуктивністю обробки та якістю поверхні; режимами обробки і матеріалом інструменту та величиною зазору між деталлю та інструментом; режимами струму і видом матеріалу інструменту та величиною його зносу.

Суть дослідження полягає у виконанні однієї операції (прошивання отвору діаметром 8 мм. на глибину 0,2 мм.) при різних режимах струму (1 А, 5 А, 10 А, 15 А, 20 А) та інструментами з різних матеріалів (мідний та графітовий електроди). Під час проведення дослідження фіксувався основний час, затрачений на операцію. Після завершення оброблення вимірювалися розміри електродів та глибини отворів, а також шорсткість оброблених поверхонь.

На підставі отриманих результатів були побудовані графічні залежності між досліджуваними параметрами, а також проведено їх порівняння з теоретичними дослідженнями. Розроблено рекомендації щодо вибору режимів струму для різних умов електроерозійної обробки, які дозволяють оптимізувати процес з метою досягнення необхідної якості поверхні при мінімальних затратах часу та ресурсів на його реалізацію.

#### **Література**

1. Немилов Е. Ф. Электроэрозионная обработка материалов. – Ленинград: Машиностроение, 1983. – 160 с.

2. Басов Н. И., Брагинский В. А., Казанков Ю. В. Расчет и конструирование формирующего инструмента для изготовления изделий из полимерных материалов: учебник для ВУЗов. – Москва: Химия, 1991. – 352 с.

**УДК 621.9**

<sup>1</sup>П.Д. Кривий, канд. техн. наук доц.; <sup>1</sup>В.Р. Кобельник, канд. техн. наук;

<sup>1</sup>В.Р. Крупа, канд. техн. наук; <sup>2</sup>Н.М. Тимошенко, канд. техн. наук, доц.;

<sup>1</sup>Ю.І. Кухарук

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

<sup>2</sup> Національний університет «Львівська політехніка», Україна

**ІМОВІРНІСНО-СТАТИСТИЧНИЙ МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ПОДАЧІ  
НА ПЛАСТИЧНІСТЬ ЗРІЗУВАНОГО ШАРУ ПРИ ТОЧІННІ**

<sup>1</sup>P. Kryvyi, Ph.D., Assoc. Prof.; <sup>1</sup>V. Kobelnyk, Ph.D.; <sup>1</sup>V. Krupa, Ph.D.;

<sup>2</sup>N. Tymoshenko, Ph.D., Assoc. Prof.; <sup>1</sup>Yu. Kucharuk

**PROBABILITY-STATISTICAL METHOD OF EVALUATION OF FEED  
INFLUENCE ON PLIABILITY OF REMOVED LAYER UNDER AT TURNING**

Проаналізовано результати досліджень трансформації пластичності зрізуваного шару в залежності від швидкості різання при точінні та вздовж головної різальної кромки спірального свердла при свердлінні. Відзначено, що в існуючих дослідженнях подано вплив подачі на коефіцієнт поздовжнього укорочення стружки в залежності від геометричних параметрів металорізальних інструментів та елементів режиму різання. Разом з тим встановлено, що даних про вплив подачі на пластичність зрізуваного шару у доступних літературних джерелах на виявлено. Запропоновано, враховуючи стохастичність подач на токарних верстатах загального призначення, оцінювати величину пластичності зрізуваного шару при точінні в імовірнісному аспекті за коефіцієнтом Пуассона –  $\mu$ , який виражається залежністю  $\mu = 1/k$ , де  $k$  – коефіцієнт поздовжнього укорочення стружки. Дослідженнями здійсненими у ТНТУ імені Івана Пулюя, встановлено, що значення коефіцієнта поздовжнього укорочення стружки отримані при точінні сталі 45 на різних подачах ( $S_1=0,05$  мм/об;  $S_2=0,1$  мм/об;  $S_3=0,2$  мм/об;  $S_4=0,3$  мм/об;  $S_5=0,4$  мм/об і т.д.) при постійних швидкості та глибині різання є випадковими величинами, що підкоряються нормальному закону розподілу.

Отримані характеристики розсіювання значень коефіцієнтів поздовжнього укорочення стружки  $k_{S1}, k_{S2}, k_{S3}, \dots, k_{Sn-1}, k_{Sn}$ , а саме: математичні сподівання  $M(k_{S1}), M(k_{S2}), M(k_{S3}), \dots, M(k_{Sn-1}), M(k_{Sn})$  та дисперсії  $D(k_{S1}), D(k_{S2}), D(k_{S3}), \dots, D(k_{Sn-1}), D(k_{Sn})$ .

Врахувавши [1] і те, що величини випадкові, отримано залежності для визначення характеристик розподілу величини  $\mu$ , а саме щільності розподілу  $g(\mu)$ , математичного сподівання  $M(\mu)$  та дисперсії  $D(\mu)$ :

$$g(\mu) = \left| -\frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \frac{1}{\mu^2} \cdot e^{-\frac{\left(\frac{1-a}{\mu}\right)^2}{2 \cdot \sigma^2}} \right|, \quad M(\mu) = \int_{-\infty}^{+\infty} \mu \cdot g(\mu) d(\mu) = \left| -\frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{\mu} \cdot e^{-\frac{\left(\frac{1-a}{\mu}\right)^2}{2 \cdot \sigma^2}} d(\mu) \right|$$

$$\text{та } D(\mu) = \int_{-\infty}^{+\infty} \mu^2 \cdot g(\mu) d\mu - M^2(k_s) = \left| -\frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{\left(\frac{1-a}{\mu}\right)^2}{2 \cdot \sigma^2}} d\mu - M^2(k_s) \right|.$$

Отримані результати дають можливість оцінювати вплив  $S$  на пластичність зрізуваного шару.

**Література**

1. Гмурман В.Е. Теория вероятностей о математическая статистика: Учеб. пособие для вузов [Текст] / В.Е. Гмурман – 9-е изд., стер. – М. : Высш. шк., 2003. – 479 с.

УДК 621 787

П. Д. Кривий<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доцент, Н. М. Тимошенко<sup>2</sup>, канд. фіз-мат, наук, доцент, А. А. Сенік<sup>1</sup>, І. А. Дехтерук.

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

<sup>2</sup>Національний університет «Львівська політехніка», Україна

## ІМОВІРНІСНО- СТАТИСТИЧНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ЗУСИЛЛЯ ДОРНУВАННЯ ВНУТРІШНІХ ЦИЛІНДРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ ЗГОРТНИХ ВТУЛОК

P. D. Kryvyy, Ph.D., Assoc., N. M. Timoshenko, Ph.D., Assoc., A. A. Senyk, I. A. Dehteruk.

### PROBABILITY-STATISTIC METHOD FOR FINDING MANDREL FORCE OF THE INTERNAL CYLINDER SURFACES OF THE TURNING BUSHES

При визначенні зусилля дорнування [2] величину натягу – “ $t$ ”, як різниця діаметрів дорна і внутрішньої циліндричної поверхні оброблюваних згортних втулок і коефіцієнт тертя  $f$  подано як випадкові величини.

Тоді щільність розподілу натягу виразиться формулою

$$f(t) = 6/\sqrt{2\pi} \cdot \sigma_{\text{внт}} \exp\left\{\frac{18[t_j - (\Delta_d + 0,5\delta_{\text{вт}})]^2}{\delta_{\text{вт}}^2}\right\} \quad (1)$$

де  $\sigma_{\text{внт}} = \delta_{\text{вт}}/6$  – стандарт відхилень, тут  $\delta_{\text{вт}}$  – поле допуску на внутрішній діаметр втулки;  $\Delta_d = d_d - d_{\text{н.вн.}}$  – різниця між номінальними значеннями діаметрів дорна і втулки.

Щільністю розподілу значень коефіцієнта тертя подано залежністю.

$$\psi(f_{\text{тр}}) = 6/\sqrt{2\pi} \cdot \delta_{\text{вт}}^2 \exp\left\{\frac{18[f_{\text{тр}j} - 0,5(f_{\text{тр} \text{ min}} f_{\text{тр} \text{ max}})]^2}{\delta_{\text{вт}}^2}\right\} \quad (2)$$

Використавши [3, 4] зусилля дорнування  $F_d$  виражено залежністю

$$F_d = F_{1d} + F_{2d} + F_{3d}, \quad (3)$$

де  $F_{1d}$ ,  $F_{2d}$  і  $F_{3d}$  – відповідно деформуєча сила, сила на поверхні забірного конуса з кутом  $\alpha$  при вершині і сила тертя на циліндричній стрічці дорна шириною –  $b$ .

Визначивши складові подані в (3) отримаємо загальне зусилля дорнування у вигляді

$$F_d = At^2 + Bt^2 \cdot f_{\text{тр}} + C \cdot t f_{\text{тр}}, \quad (4)$$

тут  $A, B, C$  – постійні коефіцієнти.

Позначивши  $t = X$  і  $f_{\text{тр}} = Y$  і знайшовши щільності розподілу квадрата випадкової величини, та допусків  $X^2Y$  і  $XY$ , та щільність розподілу величини  $F_d$  яка досить близька до щільності нормального розподілу.

За істинне значення зусилля дорнування рекомендованими параметрами максимальне значення  $F_{d \text{ max}}$ , яке виражається формулою

$$F_{d \text{ max}} = M(F_0) + 3\sigma(F_0)$$

Як показали розрахунки, запропонований метод дозволяє отримати зусилля дорнування значення яке на 23-27% більше від значень отриманих за традиційних розрахунках.

#### Література

1. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей : Учеб. для вузов, 4-е издание, стер. – М. :Наука, 1969. – 575 с.

2. Проскуряков Ю. Г. Объёмное дорнование отверстий / Ю. Г. Проскуряков, В. Н. Романов, А. Н. Исаев. – М. : Машиностроение, 1984 – 224 с.

**УДК 621.992.4**

**В.В. Крупа, канд. техн. наук., Д.С. Поліщук**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **МОДЕРНІЗАЦІЯ ГАЙКОНАРІЗНОГО АВТОМАТУ ДЛЯ ЗАПОБІГАННЯ ПОЛОМОК ІНСТРУМЕНТУ**

**V.V. Krupa, Ph.D, D.S. Polishchuk**

### **UPGRADING OF A NUT THREAD MACHINE TOOL IN ORDER TO PREVENT A TOOL BREAKAGE**

Проаналізовано конструкції гайконарізних верстатів-автоматів [1]. Зокрема встановлено, що у таких верстатах застосовується схема різенарізання Г-подібним мітчиком. Зігнутий машинний мітчик знаходиться в спеціальному шпindelному патроні і йому надається головний обертальний рух. Гайки спеціальними штовхачами піджимаються до мітчика, який поступово обертається. Після початкової стадії схоплювання гайки з мітчиком далі заготовка подається за принципом самозатягування. Такий метод забезпечує безперервний процес, не вимагає відгвинчування мітчика із нарізаної гайки, тому застосовується в крупносерійному та масовому виробництвах, де необхідна висока продуктивність обробки.

При роботі гайконарізних верстатів часто виникає проблема заклинювання заготовки на мітчику, або потрапляння заготовки без отвору у бункер завантаження. Для запобігання у таких ситуаціях поломок елементів верстату, або інструменту використовуються запобіжні пружинно-кулачкові муфти, які спрацьовують у випадку різкого підвищення крутного моменту на шпindelі. Проте такі муфти мають свої значні недоліки [2], а саме: повторення спрацювання, внаслідок повороту півмуфт на ціле число кулачків і, як наслідок крутний момент періодично знову подається на інструмент, виникає пульсуюча сила, що призводить до поломки мітчика.

Запропоновано застосовувати у таких верстатах адаптивні фрикційні муфти, з можливістю регулювання зусилля спрацювання. До переваг таких муфт [3] належить підвищена швидкість спрацювання, забезпечення стабільного крутного моменту, а також компактність конструкції. Проаналізувавши процес нарізання різі мітчиком встановили максимальну силу різенарізання для однієї гайки з урахуванням допуску на розмір отвору в заготовці. Припустивши, що відхилення цього розміру підкоряється нормальному закону розподілу, встановили закон розподілу сили різенарізання, визначили її середнє значення, дисперсію розсіювання та середнє квадратичне відхилення. З урахуванням стохастичності процесу, отримали максимальне значення сили різенарізання для однієї гайки, на основі якої встановили необхідну силу спрацювання муфти. Запропоновано конструкцію муфти, особливістю якої є те, що у разі спрацювання – відключається джерело живлення електродвигуна приводу головного руху верстата. Запропоноване технічне рішення дасть змогу значно скоротити кількість поломок мітчиків та елементів верстату, що зменшить час простою верстату та підвищить продуктивність праці.

#### **Література**

1. Ничков А.Г. Резьбонарезные станки. М.: Машиностроение, 1979. -144 с.:
2. Решетов Д.Н. Детали машин / Д.Н. Решетов. М.: Машиностроение, 1989. — 496 с.
3. Шишкарев, Михаил Павлович. Повышение эффективности защиты приводов машин от перегрузок адаптивными фрикционными муфтами : автореферат дис. ... доктора технических наук : 05.02.02 / Кург. гос. ун-т. - Ростов-на-Дону, 2007. - 32 с.



УДК 621.791.763

А.Ф. Кузюк, І.Ю. Саковець

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## УДОСКОНАЛЕНИЙ СПОСІБ КОНТАКТНОГО ТОЧКОВОГО ЗВАРЮВАННЯ ТОНКИХ ПЛАСТИН

A.F. Kuzyuk, V.A. Sakovets

### IMPROVED METHOD FOR CONTACT POINT WELDING OF THICK PLATES

На основі аналізу було розглянуто сутність і найбільш поширені сучасні технології контактної точкової зварювання (КТЗ), загальну схему формування точкових зварних з'єднань і основні термомеханічні процеси, які протікають в зоні зварювання та найбільш значимо впливають на кінцеву якість одержуваних зварних з'єднань залежно від різноманіття використовуваних технологічних прийомів.

Проте рівень дефектності зварних точок в серійному виробництві зварних конструкцій навіть при виготовленні відповідальних зварних виробів, досягає 5% [1].

За умов КТЗ в традиційних галузях машинобудування він ще вище. Це говорить про те, що традиційні способи зварювання тонких пластин практично вичерпали свої технологічні можливості.

У зв'язку з цим досить перспективним напрямком розвитку технології КТЗ, є вдосконалення та розробка нових способів точкової зварювання тонких пластин з цілеспрямованим програмованим впливом на процес формування з'єднання. Одним з таких перспективних способів КТЗ є «контактне точкове зварювання з обтисненням периферійної зони з'єднання» [2].

Під час КТЗ з обтисненням периферійної зони з'єднання (рис. 1) зварювальні деталі стискають струмопровідними електродами зусиллям  $F_E$  і прикладають навколо них обтискними втулками автономне додаткове стискаюче зусилля  $F_O$  (зусилля обтиску).

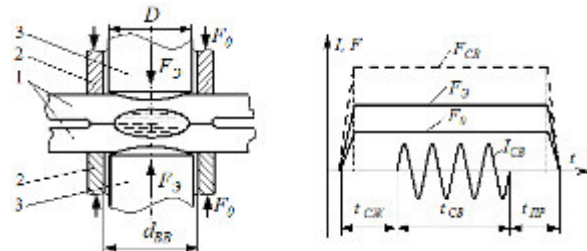


Рисунок 1. Схема (а) та цикл зміни параметрів режиму (б) двостороннього КТЗ з обтисненням периферійної зони з'єднання: 1 – деталі; 2 – струмопровідні електроди; 3 – з'єднувальні втулки

В основі способу КТЗ з обтисненням периферійної зони з'єднання покладено винайдений в 1930 р П.Н. Львовим спеціальний електрод. Цей електрод (рис. 1а) містить струмопровідний електрод 2 і концентрично розташований навколо нього силовий пуансон (обтискну втулку) 3, яку з'єднано з приводом обтиску, яким служить пружний елемент.

Даний електродний пристрій дозволяє розділити загальне зусилля стиснення деталей  $F_{CB}$ , яке задається приводом зварювальної машини на дві його складових. Одна його складова  $F_E$  (рис. 1а), як і за традиційних способів КТЗ, стискає зварювальні деталі за допомогою струмопровідних електродів в центральній частині зони формування з'єднання (над ядром), а друга складова  $F_O$  за допомогою силових пуансонів обтискає зварювальні деталі в їх периферійній області (в області ущільнюючої окрайки або ободка).

Поряд вказаними технологічними можливостями способу КТЗ з обтисненням периферійної зони з'єднання, також удосконалювалися конструкції електродних пристроїв для їх здійснення. У результаті був розроблений ряд електродних пристроїв (рис 2), що відрізняються в основному конструкціями приводів зусиль на електроді або обтискній втулці.

Пристрій з електромагнітним приводом 6 зусилля на обтискний втулки 3, який наведено на рис. 2б дозволяє отримати практично будь-яку програму зміни зусилля обтиску  $F_O$ . Проте в ньому зусилля  $F_O$  залежить від осевого зсуву втулки 3 щодо струмопровідного електрода 2, що зменшує стабільність зусилля обтиску внаслідок відхилень глибини втиснення електрода в поверхню деталі 1. Крім того, за сучасних струмопровідних матеріалів, електромагнітний привод повинен мати котушку значних геометричних розмірів, щоб отримати необхідні зусилля обтиску ( $F_0 \approx 0,25 \dots 0,5 F_{CB}$ ). Це ускладнює використання даного електродного пристрою в практиці КТЗ.

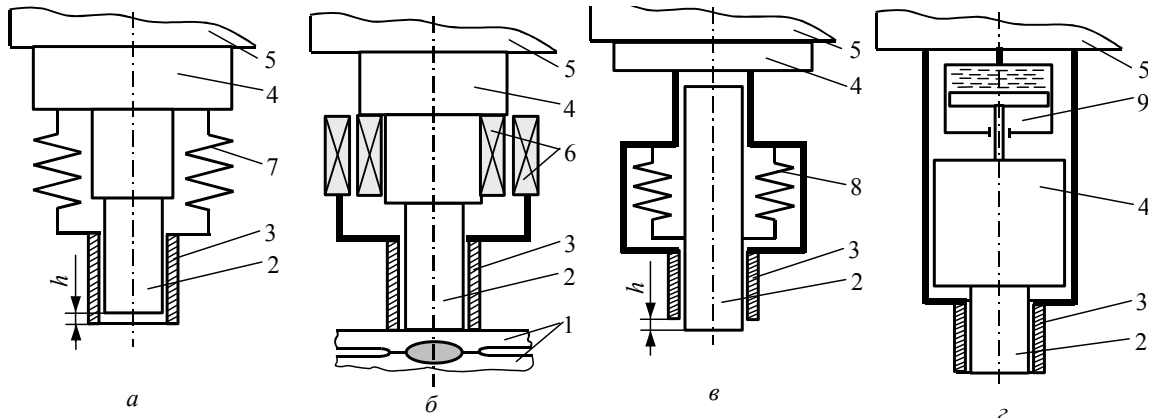


Рисунок 2. Схеми електродних пристроїв для КТЗ з обтисненням периферійної зони з'єднання: 1 – деталі; 2 – струмопровідний електрод; 3 – обтискна втулка; 4 – електродотримач; 5 – елемент силового приводу зварювальної машини; 6 – електромагнітний привід зусилля на обтискній втулці; 7 – привід зусилля на обтискній втулці, виконаний у вигляді пружного елемента; 8 – привід зусилля на струмопровідному електроді, виконаний у вигляді пружного елемента; 9 – гідравлічний привід зусилля на струмопровідному електроді

Конструкції електродних пристроїв з пружними елементами в приводах зусилля на обтискній втулці  $F_O$  (рис. 1а), або зусилля на струмопровідному електроді  $F_E$  (рис. 2в) застосовуються значно частіше. При цьому у них необхідні зусилля забезпечуються шляхом деформації пружних елементів 7 або 8 на заздалегідь встановлену величину  $h$  при стисненні деталей. У першій конструкції таких електродних пристроїв зусилля  $F_E$  на електроді 2 задається приводом машини за допомогою силового елемента 5, а на обтискній втулці 3 – пружним елементом 7 (рис. 2а). У конструкції (рис. 2в) навпаки – привод машини 5 задає зусилля обтиску  $F_O$  на обтискній втулці, а на струмопровідному електроді 2 зусилля  $F_E$  задається пружним елементом 8.

Незважаючи на деякі конструктивні відмінності, ці електродні пристрої мають однакові переваги (відносно просту конструкцію та незначні габаритні розміри) та загальний недолік – зусилля  $F_O$  (рис. 2а), або  $F_E$  (рис. 2в) також залежить від переміщення обтискної втулки 3 щодо струмопровідного електрода 2. Це призводить до їх відхилення внаслідок вдавнення струмопровідних електродів 2 в поверхні деталей 1 під час зварювання. Крім того, конструкції цих електродів не цілком задовольняють вимогам технологічності за причиною значної трудомісткості налаштування електрода під час зварювання на необхідне зусилля обтиску внаслідок високої жорсткості пружного елемента.

#### Література

1. Сварка и резка материалов: учебное пособие / М.Д. Банов, Ю.В. Казаков, М.Г. Козулин и др.; под ред. Ю. В. Казакова. Издание 2-ое, стереотипное. Издательский центр «Академия», 2002. 400 с.
2. Технология и оборудование контактной сварки / Б.Д. Орлов, Ю.В. Дмитриев, А.А. Чакалев и др. М.: Машиностроение, 1986. 352 с.

**УДК 621.391**

**В.С. Кулай, Ю.А. Умзар, В.В. Лесів, А.С. Марценюк**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **МЕТОД ОБРОБКИ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СИГНАЛІВ З ВЕЛИКОЮ БАЗОЮ**

**V.S. Kulay, Y.A. Umzar, V.V. Lesiv, A.S. Marcenjuk**

## **THE METHOD OF PROCESSING RADAR SIGNALS WITH A LARGE BASE**

Розробка нових методів аналізу і синтезу РЛС зі складними квазінеперервними сигналами і завадостійкими методами обробки включають аналітичний підхід (синтез структури алгоритмів формування і обробки сигналів), моделювання процесів формування сигналів і завад, поширення на трасі РЛС-об'єкт, просторово-часової обробки і, нарешті, проведення випробувань прототипів за реальними об'єктами в полігонних умовах. Необхідно зазначити й інший аспект теорії і практики розробки РЛС зі складним сигналом. Так як теоретичний аналіз методів підвищення завадозахищеності РЛС різного призначення зі складними квазінеперервними сигналами великої тривалості і бази надзвичайно складний і не дає точних результатів, велику роль для отримання позитивних результатів проектування РЛС грають практичні виміри тактико-технічних характеристик (ТТХ) когерентних РЛС. Розроблені методи синтезу сигналів і методів зазвичай не враховують їх технічної реалізації. Наприклад, знайдені модулюючі послідовності з низьким і нульовим рівнем бічних пелюсток (РБЛ), однак при їх використанні в реальній радіолокаційній апаратурі (особливо мікрохвильового діапазону) технічний рівень залишків на виході схем обробки набагато вище, ніж теоретичний. Тому важливу роль при проектуванні РЛС можуть мати методи моделювання процесів перетворення сигналів і оцінки якісних показників РЛС на моделях корисних сигналів, завад і алгоритмів їх обробки.

Отримані дані на моделях радіолокаційного каналу використовуватимуться для коригування та вибору найкращих сигналів і алгоритмів просторово-часової обробки. При цьому найважливішу роль відіграють розробка і дослідження методів моделювання та перетворення сигналів в радіолокаційному каналі РЛС, що включає в себе формувач складного сигналу, моделі об'єкту, завади, приймальний пристрій, пристрій стиснення сигналів і пристрій прийняття рішення про наявність об'єкту.

При проектуванні і розробці РЛС надзвичайно важливо провести перевірки ключових параметрів знову розробляється РЛС на імітаторах, що працюють в реальному часі. Один з основних методів, за допомогою якого можна отримати достовірну інформацію про якісні показники і характеристики морських РЛС з простими і складними сигналами, є метод натурних випробувань. Як правило, можливості проведення таких випробувань істотно обмежені або взагалі неможливі.

Випробування РЛС вимагають великих витрат часу і коштів. Тому доцільно розвиток нових високопродуктивних методів і приладів, що дозволяють перевірити і виміряти ТТХ РЛС на стадії проектування і попередніх, обмежених за масштабами і фінансових витрат заводських випробуваннях, до їх установки. Велику роль тут можуть грати методи і апаратура напівнатурного моделювання з використанням сучасних швидкодіючих ЕОМ та спеціалізованих стендів. Застосування цих засобів дозволить з більшою впевненістю припускати, що характеристики РЛС в робочих умовах відповідатимуть поставленим тактико-технічним вимогам. Оцінку багатьох найважливіших вихідних (кінцевих) характеристик когерентних РЛС зі складним зондуючим сигналом на етапі їх проектування, виготовлення дослідних зразків і типових випробувань, серійних зразків можна проводити за допомогою імітаторів

радіолокаційних сигналів різних діапазонів. Такі прилади дозволяють імітувати відображення від декількох нерухомих і рухомих об'єктів на будь-яких робочих дистанціях і заводській обстановці.

Таким чином, дослідницьку роботу по розробці методів імітації в реальному часі складних когерентних сигналів, відбитих від флюктуючих цілей, і сигналоподібних завод, з різними законами щільності розподілу можна вважати актуальною.

Мета роботи полягає в дослідженні і розробці імітаційних алгоритмів перетворення складних когерентних квазінеперервних радіолокаційних сигналів з великою базою в радіолокаційному каналі (РК) для проведення вимірювань параметрів РЛС в лабораторних і полігонних умовах.

Для реалізації поставленої мети автором вирішуються наступні завдання:

✓ Аналіз статистичних параметрів перешкод від схвильованої морської поверхні і імітаційних алгоритмів формування луна-сигналу від цілі і перешкоди від моря.

✓ Розробка методу моделювання сигналоподібної завади від поверхні з заданими характеристиками функції розсіювання для складно-модульованих когерентних сигналів великої тривалості.

✓ Розробка методики перевірки показників якості систем обробки складних радіолокаційних сигналів з використанням розроблених цифрових моделей сигналів і перешкод.

✓ Розробка схемних рішень імітатора радіолокаційних сигналів мікрохвильового діапазону і перевірка ряду характеристик РЛС зі складним сигналом.

Завдання моделювання сигналу від радіолокаційного об'єкту і сигналоподібної завади зводиться до формування затримки зондуючого сигналу на час, регульований в межах, що відповідають дальності дії РЛС. Рішення навіть цього завдання представляє значні труднощі, тому що необхідна величина затримки може бути в межах від декількох наносекунд до декількох мілісекунд.

Тому метод не може бути застосований для моделювання відображень складних сигналів РЛС. Основною трудностю тут є складність обліку флюктуацій частоти і фази моделюючого сигналу і завади на високій частоті, для незалежних опорних автогенераторів (РЛС і імітатора).

### **Література**

1. Ричард Лайонс. Цифровая обработка сигналов / Ричард Лайонс. - 2-ое изд. Пер. с англ. – М.: ООО Бином-Пресс, 2006 г. – 656 с.

2. Саврасов Ю.С. Алгоритмы и программы в радиолокации / Ю.С. Саврасов. - М.: Радио и связь, 1985. - 216 с.

3. Кузьмин С.З. Основы проектирования систем цифровой обработки радиолокационной информации / С.З. Кузьмин. – М.: Радио и связь, 1986. – 352 с.

4. Моделирование в радиолокации / А.И. Леонов, В.Н. Васенев, Ю.И. Гайдуков и др.; Под ред. А.И. Леонова. – М.: Сов. Радио. - 1979, 264 с.

5. Оценивание дальности и скорости в радиолокационных системах / А.И. Канащенков, В.И. Меркулов, А.И. Перов и др.; под ред. А.И. Канащенкова и В.И. Меркулова. – М.: Радиотехника, 2004. – 312 с.

6. Радиолокационные системы многофункциональных самолетов: в 3 т. Т. 1: РЛС – информационная основа боевых действий многофункциональных самолетов. Системы и алгоритмы первичной обработки радиолокационных сигналов / А.И. Канащенков, В.И. Меркулов, А.А. Герасимов и др.; под ред. А.И. Канащенкова и В.И. Меркулова. – М.: Радиотехника, 2006. – 656 с.

**УДК 658.264**

**К.А. Кулібаба**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя Україна

## **ТЕПЛОПРОВІДНІСТЬ МІНЕРАЛЬНОЇ ВАТИ**

**К.А. Kulibaba**

## **HEAT CONDUCTIVITY OF MINERAL WATER**

Високі ціни на енергоносії зумовлюють застосування теплозахисних матеріалів при спорудженні будівель і споруд, у якості теплоізоляційного матеріалу при утепленні дахів все частіше використовують мінеральну вату через її високі теплоізоляційні характеристики, екологічність, довговічність, пожежну безпеку, біологічну стійкість.

Метою дослідження є оцінювання теплопровідності мінеральної вати.

Методи досліджень – огляд літературних джерел, їх аналіз та систематизація описаних експериментальних досліджень теплопровідності мінераловатних плит.

Експериментальні дослідження проведено на плитах з мінеральної вати марки ROCKWOOL, призначеної для теплоізоляції плоских дахів, монолітних підвальных перекриттів та підлоги.

В процесі дослідження температурні датчики спарених електронних термометрів (рис.1, 2) встановлювали на зовнішній частині мінераловатної плити (верхня шкала термометра), та на внутрішній частині теплоізоляційного пласти (нижня шкала термометра). Почергово досліджено 50 контрольних точок в різних місцях плити.

За результатами дослідження отримано залежність на початку досліду (рис. 1), та через 10 хв., (рис. 2) для кожної з досліджуваних точок.



Рисунок 1. Спарений термометр на початку експерименту



Рисунок 2. Спарений термометр через 10 хв від початку експерименту

За отриманими результатами виконано розрахунки коефіцієнта теплопровідності для мінеральної вати та зроблено висновок, що досліджуваний теплоізоляційний матеріал має параметри теплопровідності згідно ДБН В 2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель».

### **Література**

1. Конструкції будівель і споруд. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6– 31:2006. – [Чинні від 2007–04–01] // Мінбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2006. – 65 с. – (Державні будівельні норми України).

2. ROCKWOOL – негорючая теплоізоляція. – Офіційний сайт ROCKWOOL. – Режим доступу – <http://www.rockwool.ua> .

**УДК 669.539**

**І.І. Куцин, І.М. Бортник**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **РОЗШИРЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ВАЛКОВОЇ ЖАТКИ ЖВР-10**

**I.I. Kutsyn, I.M. Bortnyk**

### **EXPANSION OF THE FUNCTIONALITY OF THE ROLLER REAPER GVR-10**

Робота стосується удосконалення конструкції валкової жатки ЖВР-10, шляхом розширення її функціональних можливостей з можливістю навішування її на комбайн СК-5. Пропонована конструкція жатки забезпечує утворення одинарного валка за один прохід, містить раму з ріжучим апаратом, розташований за ним секційний валкостворюючий транспортер, виконаний із двох рознімних секцій, а також механізм приводу робочих органів жатки.

Зазначена мета досягається тим, що рами двох секцій транспортера виконані пересувними уздовж ріжучого апарата, і обладнані реверсним механізмом приводу.

Рама жатки виконана у вигляді шарнірно з'єднаних секцій, причому вісь шарніра розташована в середній частині рами.

Вісь шарніра рами секції транспортера розташована від кінця транспортера секції на відстані, рівній ширині викидного вікна. Таке конструктивне виконання жатки дозволяє одержувати не тільки одинарні чи здвоєні валки за один прохід, але і може забезпечити одержання двох валків за один прохід.

У залежності від обраного способу роботи валкової жатки, відповідним чином розташовуються і секції валкостворюючого транспортера. Відповідно до цього переналадженню піддаються також елементи їхнього приводу.

Так, наприклад, при підготовці жатки з утворенням одного валка за один прохід секції валкостворюючого транспортера устанавлюють по краях жатки з утворенням центрального викидного вікна. При цьому приводний вал лівої секції з'єднують безпосередньо з контрприводним валом, а реверс редуктора встановлюють у положення для обертання його вала в напрямку проти годинної стрілки.

Утворення двох валків за один прохід жатки в порівнянні з раніше описаним положенням елементів жатки, досягається лише зміною обертання реверсного редуктора і поворотом на 180° направляючих паса на ведучому шківі.

Для утворення одного здвоєного валка з двох суміжних прокосів спочатку від'єднують ведучий вал лівої секції валкостворюючого транспортера від контрпривода і потім, впливаючи на гідроциліндр, переміщують ліву секцію транспортера до кінця вправо. У цьому положенні кінці секції з'єднують замками, а на кінці вала устанавлюють змінну зірочку і ланцюговим контуром з'єднують її з зірочкою вала. Потім обидві секції валкостворюючого транспортера переміщують у крайнє ліве положення і змінюють напрям обертання редуктора на зворотне.

При такому налаштуванні жатка робить перший прохід. Для другого прокошу обидві секції валкостворюючого транспортера гідроциліндром переміщують до кінця вправо, а напрям обертання редуктора у порівнянні з першим прокосом змінюють на зворотне. При роботі на будь-якій схемі рама жатки завдяки наявності осьового шарніра легко пристосовується до змін рельєфу поля, що дозволяє скошувати хлібну масу на низькому її рівні.

**УДК 621.95**

**В.Р. Ласько, В.В. Васильків докт. техн. наук., проф.**

Тернопольский национальный технический университет имени Ивана Пулюя, Украина

**ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИЯ  
ИЗГОТОВЛЕНИЯ НАСАДКИ ДЛЯ СТРЕЛЬБЫ ХОЛОСТЫМИ ПАТРОНАМИ**

**V.R. Lasko, V.V. Vasylykiv Dr., Prof.**

**RATIONAL CONSTRUCTION SELECTION AND TECHNOLOGY OF NOZZLE  
MANUFACTURING FOR FIRING BLANK**

Для преодоления вооруженной агрессии России против Украины важным вопросом является повышение ее обороноспособности. Поэтому одной из актуальных задач является качество подготовки военнослужащих за счет приобретения ими навыков пулевой стрельбы.

Для имитации стрельбы из стрелкового оружия используют холостые патроны, т. е. патроны без пуль, включающие капсулированную гильзу и порох. В некоторых случаях при снаряжении таких патронов применяют пластмассовые пули, которые разрушаются при выстреле еще в канале ствола. Учитывая низкое давление пороховых газов в канале ствола при стрельбе такими патронами, для обеспечения работы автоматики оружия на дульную часть ствола устанавливают насадку (втулку) для холостой стрельбы, представляющую собой газовый дроссель, т.к. в насадке существенно уменьшается площадь поперечного сечения канала ствола. При встрече газового потока с уменьшенным сечением канала возрастает давление в потоке и возникает волна повышенного давления, которая распространяется назад по потоку, т. е. к патроннику. В результате указанного течения газов в такой насадке перестраивается и увеличиваются давление пороховых газов и время их действия на поршень затворной рамы, что и обеспечивает приемлемую работу автоматики оружия [1].

Таким образом при стрельбе холостыми патронами с применением насадки создается имитация выстрела по звуку и пламени при ведении как одиночного, так и автоматического огня.

Широко используют насадки для холостой стрельбы для автоматов АК, АКМ, АК-74 и др. и пулеметов ПК, ПКМ и др. Насадки к указанным видам оружия навинчиваются на дульную часть ствола и фиксируются фиксатором.

Известна втулка для холостой стрельбы к пулемету с эжектором на стволе, выполненная в виде корпуса с кольцевым выступом, перекрывающим канал ствола с центральным отверстием в данном выступе. При этом кольцевой выступ выполнен в виде дополнительной детали, которая жестко закреплена в корпусе. Корпус втулки навинчивается на дульную часть ствола [2].

Важными вопросами применения таких технических решений является снижения себестоимости и повышение продуктивности производства такой насадки, а также повышение ее прочности, эксплуатационной надежности и исключения засорения инжекционных каналов пороховым нагаром при стрельбе холостыми патронами.

Для решения этих вопросов на кафедре технологии машиностроения ТНТУ имени Ивана Пулюя совместно с предприятием “Ремонтно-механический завод Обрий” рассмотрено несколько типов конструкций таких насадок. Для выбора наилучшего варианта применялся метод анализа иерархий. Критериями выбора насадок являлись ресурс выстрелов, уровень засорения пороховым газом инжекционных каналов и мест

крепления втулки к оружию, ее габариты, продуктивность труда и себестоимость изготовления с учетом технологических возможностей производства.

В результате этого выбрана прогрессивная конструкция, для которой разработан технологический процесс ее изготовления с применением оборудования с числовым программным управлением. Предварительно в среде программного продукта T-FLEX CAD/CAM был смоделирован процесс ее изготовления и создана управляющая программа для станка с ЧПУ (рис. 1). Разработанная технология изготовления насадки внедрена в производство (рис. 2).

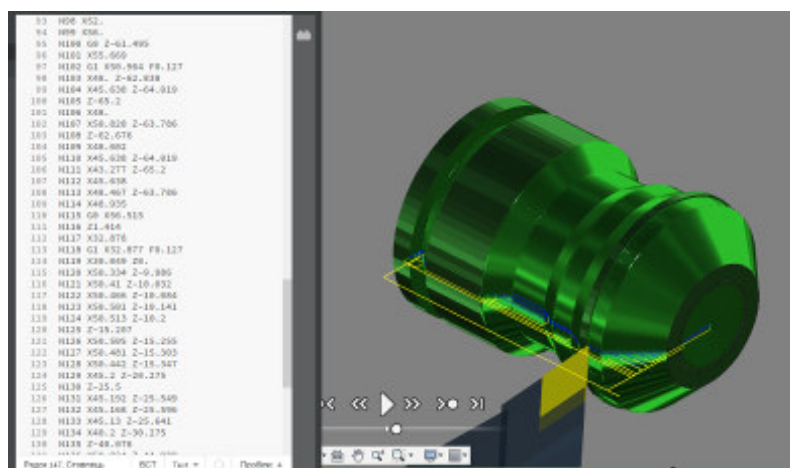


Рисунок 1. Моделирование процесса изготовления насадки для холостой стрельбы в среде CAD/CAM



Рисунок 2. Реализация процесса изготовления насадки на станке с ЧПУ

#### **Литература**

1. Пат. №2186314, Россия, МПК F41A21/32 F41C27/00. Втулка для холостой стрельбы из стрелкового оружия/Денисов Н.Н., Неугодов А.С., Морозова Л.А., Чугунов М.В. - Заявл. 18.12. 2000, опубл. 27.07.2002.

2. Пат. №2122173, Россия, МПК F41C27/00 F41A21/32. Втулка для холостой стрельбы из огнестрельного оружия/Денисов Н.Н., Суслов В.И., Чугунов М.В. - Заявл. 18.06. 1997, опубл. 20.11.1998.



УДК621.81

О.П. Маруніч, Л.М. Слободян

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ШНЕКОВИЙ КОМПЕНСАЦІЙНИЙ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТЕР

О.Р. Marynuch, L.M. Slobodian

### SCREW COMPENSATED MULTIFUNCTIONAL CONVEYOR

Транспортер відноситься до багатьох галузі народного господарства для виконання наступних операцій: видавлювання соків, пресування різних матеріалів типу екструдерів, галтування різних мілких деталей, змішування та інших операцій.

Шнековий компенсаційний багатофункціональний транспортер зображено на рис.1, який виконано вигляді корпусу 1 з двома опорами передньою 2 і задньою 3 з можливістю зміни їх висоти для можливості транспортування матеріалів по горизонталі і під кутом. До цих двох опор жорстко кріпиться нерухомий конусний жолоб 4 в декількох варіантах – суцільний і з системою наскрізних отворів виконаних в нижній його частині відомим способом (на кресленні не показано). Всередині нерухомого конічного корпусу 4 встановлено в підшипникових вузлах конічний гвинтовий робочий орган 5 зі змінними кроками з можливістю повертання і осьового його переміщення.

До лівої 2 і правої опор 3 приварені опорні втулки 5, в центральних отворах яких встановлені рухомі циліндричні блоки 6 в середині яких жорстко встановлені підшипники, внутрішні отвори яких є у взаємодії з кінцями вала 7 конічного шнека 5 з можливістю їх в зборі осьового переміщення. Рухомі блоки 6 з торців є закриті кришками і до лівої кришки 8 циліндричного блока 6 жорстко приварено гвинт 9, який є у взаємодії з регулювальною гайкою 10, яка жорстко встановлена в осьовий паз кришки 11 рухомого циліндричного блока 6. Крім цього до лівого і правого кінців вала 7 циліндричного рухомого блока 6 жорстко закріплено упорні кришки 13, які запобігають переміщенню транспортної маси поза межі гвинтового робочого органу.

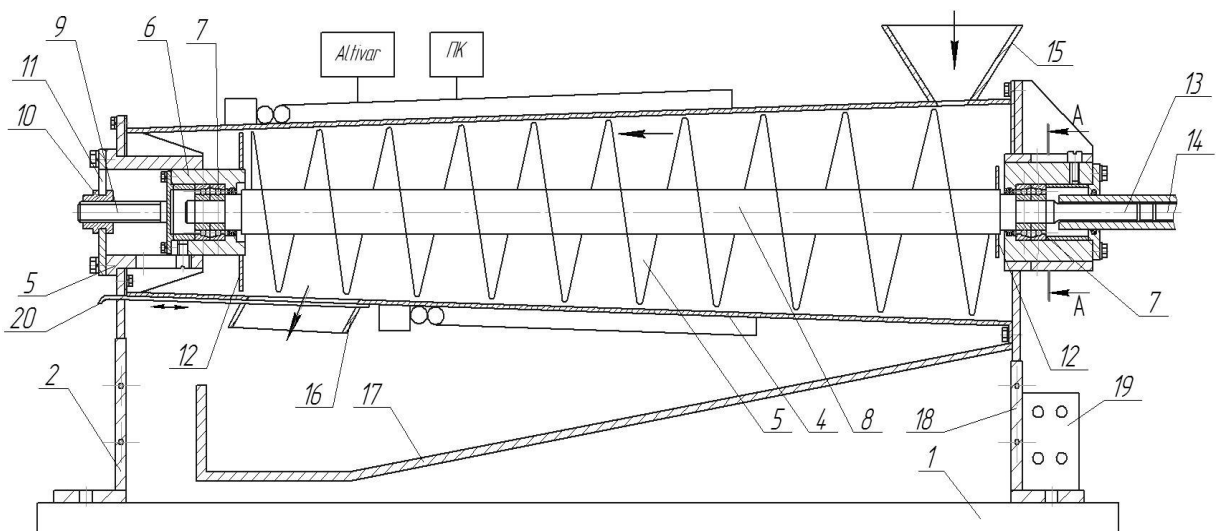


Рисунок 1. Шнековий компенсаційний багатофункціональний транспортер

Аналогічно і з правого кінця гвинтового конусного робочого органу конструкція є такою ж, але різниця в тому, що кінці вала 7 виконано з видовженою різьбою 14 до

якого підключено привідний вал 15 транспортера.

В зоні завантаження встановлено завантажувальний патрубок 16, а в зоні вивантаження – вивантажувальний патрубок 17. Для збору соку або іншої рідини і жмиху під жолобом 4 встановлено ємкість 18 або декілька їх, на кресленні не показано.

До фіксації гвинтового конусного робочого органу 5 в рухомих блоках 6 з двох сторін виконані осьові пази 19 з гвинтовими кріпильними елементами 20, а керування здійснюється з пульта 21.

Крім цього транспортер оснащений приладами Altivar 21 і персональний комп'ютер 22 для заміру параметрів процесів.

Для тихохідних горизонтальних і низьконахилених транспортерів кутова швидкість обмежується умовою запобігання пересипання вантажу через витки. У разі швидкохідних гвинтових конвеєрів, в тому числі гнучких, мінімальне значення кутової швидкості спіралі з умови стійкості гвинтового переміщення вантажу визначається по залежності

$$\omega = k(4\pi^2 \rho_i^2 + T^2) \sqrt{2g/D} / [T(T + 2\pi\mu_1 \rho_i)]$$

де  $k$  - коефіцієнт, що залежить від заповнення конвеєра, при  $\varphi=0,3$   $k=1$ , при  $0,4 \leq \varphi \leq 0,7$ ,  $k=0,5 \dots 0,8$ .

При цьому для круто нахилених конвеєрів ( $\gamma=70 \dots 90^\circ$ ), коли гвинтовий рух вантажу може відбуватися і без осьової транспортування, основною розрахунковою залежністю, поряд із забезпеченням заданої продуктивності.

Робота транспортера здійснюється наступним чином. В залежності які операції підбирають нерухому трубу 4. Так розглянемо роботу транспортера для видавлювання соку. Для цього необхідно виставити кут його нахилу за допомогою зменшення висоти лівої опори 2 відомим способом. Нерухому конічну трубу 4 вибирають з наскрізними отворами (на кресленні не показано) і відповідну конструкцію конусного гвинтового робочого органу 6 з відповідним зазором між ними і нерухомою трубою, який виставляють за допомогою регулювальної гайки 10. Матеріали з яких будуть видавлювати сік завантажують в завантажувальний патрубок 15. З пульта керування включають транспортер і встановлюють відповідні режими роботи. Видавлений сік через систему наскрізних отворів стікає в ємкість 18 де його забирають, а жмиху через вивантажувальний патрубок 17 збирають в окрему ємкість. Для заміру параметрів процесів використовують Altivar 21 і персональний комп'ютер 22. В разі виконання інших операцій і транспортування, змішування, подрібнення встановлюють відповідний гвинт 5 відомим способом і продовжують його роботу.

До переваг транспортера відноситься розширення технологічних можливостей і підвищення продуктивності праці.

### **Література**

Гевко Б. М. Технология изготовления спиралей шнеков: Монография .-Львів: Вища школа, 1986 .-128 с.

**УДК 621.914**

**М.Р. Паньків канд.тех. наук, доц., П.В. Лесів**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ СТАЛОСТІ ТА ВИНИКНЕННЯ АВТОКОЛИВАНЬ У ТЕХНОЛОГІЧНІЙ ОБРОБЛЮВАЛЬНІЙ СИСТЕМІ ПІД ЧАС РІЗАННЯ**

**M.R. Pankiv Ph.D, Assoc. Prof., P.V. Lesiv**

### **STUDY OF CONDITIONS OF STABILITY AND OUTCOME OF AUTOCOLYMS IN A TECHNOLOGICAL PROCESSING SYSTEM AT THE TIME OF CUTTING**

У процесі різання у різних елементах технологічної оброблювальної системи (ТОС) виникають коливання. Найбільш характерною формою коливань є автоколивання, що супроводжують практично всі види оброблення різанням. Фізична сутність таких коливань пояснюється тим, що будь-яка випадкова зміна умов різання викликає відповідну реакцію процесу різання і пружної ТОС - яка у свою чергу провокує зміну умов різання. В цьому проявляється замкненість всієї системи через процес різання.

Розрізняють три основних режими роботи ТОС при різанні: сталий процес різання, умовно сталий процес різання з усталеними автоколиваннями, нестале різання, так зване підривання.

Найбільш суттєвим є вплив специфічних особливостей процесу різання, а саме, залежності сили різання від глибини та швидкості різання і її вплив на багатокоординатну динамічну систему верстата, яка має зворотні зв'язки. Значну роль у цьому відіграє і те, що залежності сили різання від складових режиму різання є нелінійними.

Майже для всіх процесів оброблення різанням характерним є обробка «за слідом», тобто зрізання на поточному проході шару припуску, форма якого у певній мірі сформувалася на попередньому проході при декому рівні вібрацій ТОС. Таке явище може викликати навіть втрату сталості процесу різання при вторинному підсиленні коливань за рахунок вимушених коливань з частотою, що дорівнює частоті власних коливань ТОС. Так чи інакше, оскільки практично всі реальні процеси різання виконуються при різанні «за слідом», вторинне збудження приводить до посилення інтенсивності автоколивань. Через певний проміжок часу в системі настає рівновага між енергією збурення автоколивань і енергією, що розсіюється.

Підривання виникає внаслідок аперіодичної несталості динамічної системи верстату. Підривання виникає після автоколивань з амплітудою, що швидко збільшується і характеризує втрату сталості. При такому режимі роботи різання вести неможливою.

Рівень автоколивань у значній мірі впливає на стійкість інструменту і продуктивність та якість оброблення. Доведено, що залежність стійкості інструменту від амплітуди автоколивань для різних процесів різання лезовим інструментом має екстремальний характер. Це означає, що для кожного конкретного технологічного процесу існує деяка оптимальна амплітуда автоколивань, при якій стійкість максимальна.

Управлінням рівнем автоколивань можна досягнути підвищення продуктивності оброблення за рахунок інтенсифікації режиму різання. Геометричні параметри обробленої поверхні також суттєво залежать від рівня амплітуди автоколивань та їх частоти.

УДК 621. 9. 01

Ю.І. Лисканич

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СТОХАСТИЧНОСТІ ПОДАЧ НА СИЛУ РІЗАННЯ ПРИ ТОЧІННІ

Y.I. Liskanych

### INVESTIGATION OF THE FEED STOCHASTICITY EFFECT ON THE CUTTING FORCE WHILE TURNING

Проаналізовані існуючі теоретичні [1,3], емпіричні [6] і табличні [5] методи визначення сили різання  $P_z$  при точінні. Відзначено, що достовірність результатів отриманих за цими методами незадовільна. Показано, що найбільш точні результати забезпечуються залежностями для визначення  $P_z$  поданим у [3, 4].

Проте у формулі [3,4] для визначення  $P_z$  подача  $S$  прийнята як постійна не випадкова величина. Разом з тим доведено [4], що подача у токарних верстатах загального призначення є випадкова величина із нормальним законом розподілу.

Запропоновано формулу (1) для визначення  $P_z$  подану у [2, 3]

$$P_z = 1,15\sigma_{st}ust_r \left\{ \left[ 1 + \mu_1(1 + tg\gamma) + \frac{(0,5 + \mu)u}{2k_c} \right] \cos\gamma + \frac{k_c}{4ucos\gamma} + \mu_1\sin\gamma + \frac{\mu_2 l_3}{ussin\varphi} + \frac{k_s s \sin^2\varphi}{4ucos\gamma} \right\} \quad (1)$$

де  $\sigma_{st}$  – середнє у зоні пластичної деформації напруження текучості оброблюваного матеріалу, що відповідає середній температурі у зоні деформації;  $u$  – питома енергія деформації;  $\mu$  – коефіцієнт тертя у долях напруження текучості;  $\mu_1$  і  $\mu_2$  – коефіцієнти тертя від сил тертя на передній і задній поверхнях різця;  $t_r$  – глибина різання;  $k_c$  – коефіцієнт потовщення стружки;  $l_3$  – величина, що визначається прийнятим у конкретному розрахунку критерієм зношування різця по задній поверхні;  $\varphi$  – головний кут в плані. Залежність (1) подамо у такому вигляді

$$P_z = AS^2 + BS + C \quad (2)$$

де  $P_z, S$  – випадкові величини;  $A > 0, B > 0, C > 0$  – постійні величини.

$$A = \frac{1,155\sigma_{st} \cdot k_c \cdot \sin^2 \varphi}{4 \cdot \cos \gamma};$$

$$B = 1,155 \cdot \sigma_{st} \cdot u \cdot t_r \cdot \cos \gamma \left[ 1 + \mu_1(1 - tg\gamma) + \frac{0,5 + \mu}{2k_c} + \frac{k_c}{4 \cdot u \cdot \cos^2 \gamma} + \mu \cdot tg\gamma \right];$$

$$C = \frac{1,155 \cdot \sigma_{st} \cdot t_r \cdot \mu_2 \cdot l_3}{\sin \varphi},$$

Оскільки функція  $p_z = As^2 + Bs + C$  диференційована і строго зростаюча, то для знаходження функції розподілу  $g(p_z)$  випадкової величини  $P_z$  можна застосувати формулу [2]

$$g(p_z) = f[\Psi(p_z)] \cdot \Psi'(p_z), \quad (3)$$

де  $\Psi(p_z)$  – обернена функція до функції  $p_z = As^2 + Bs + C$ , яка дорівнює

$$\psi(p_z) = \frac{\sqrt{\Delta + 4Ap_z} - B}{2A},$$
$$\Delta = B^2 - 4AC, p_z > C.$$

де

Враховавши що

$$f(s) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(s-\bar{s})^2}{2\sigma^2}},$$

отримаємо

$$f[\psi(p_z)] = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{\left(\frac{\sqrt{\Delta+4Ap_z}-B}{2A}-\bar{s}\right)^2}{2\sigma^2}}.$$

Взявши похідну від оберненої функції  $\psi(p_z)$  по  $p_z$  будемо мати

$$\psi'(p_z) = \frac{1}{\sqrt{\Delta + 4Ap_z}}.$$

Підставивши вирази для  $f[\psi(p_z)]$  і  $\psi'(p_z)$  у рівність (3), отримаємо шукану щільність розподілу  $g(p_z)$  для випадкової величини  $P_z$ :

$$g(p_z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \frac{1}{\sqrt{\Delta + 4Ap_z}} e^{-\frac{\left(\frac{\sqrt{\Delta+4Ap_z}-B}{2A}-\bar{s}\right)^2}{2\sigma^2}}. \quad (4)$$

Визначивши математичне сподівання  $M(p_z)$  і дисперсію  $D(p_z)$  і прийнявши, що величина  $p_z$  розподілена нормально встановили, що максимальні величини  $P_{z\max}$  для відповідних подач становить (1,15 – 1,23)  $M(p_z)$ .

#### **Література**

1. Амарего И. Дж. А. Обработка металлов резанием / И. Дж. А. Амарего, Р. Х. Браун; пер. с англ. В. Л. Пастунова. – М. : Машиностроение, 1977. – 325 с.
2. Вентцель Е. С. Теория вероятности. / Е. С. Вентцель — М.: Наука, 1969. — 576 с
3. Воронцов А. Л. Разработка новой теории резания. Математическое описание образования стружки разных видов, пульсации силы резания и параметров контакта обработаной поверхности заготовки з задней поверхностью резца / А. Л. Воронцов, Н. М. Султан-Заде, А. Ю. Албагачиев // Вестник машиностроения. – 2008. – №7. – С. 56-61.
4. Воронцов А. Л. Разработка новой теории резания. Практические расчеты параметров резания при точении / А. Л. Воронцов, Н. М. Султан-Заде, А. Ю. Албагачиев // Вестник машиностроения. – 2008. – №9. – С. 67-76.
5. 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
6. Вульф А.М. Резание металлов. Изд 2-е. Л.: Машиностроение, 1973. – 496 с.

**УДК 621.9.06**

**І.В.Луців докт. техн. наук, проф., В.Н.Волошин канд. техн. наук, доц.,**

**І.Р.Петречко, А.О.Мацюрак**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ФОРМОУТВОРЮЮЧИХ ФАКТОРІВ ПРИ ПАРАЛЕЛЬНІЙ ТОКАРНІЙ ОБРОБЦІ ДВОСУПОРТНИМИ СИСТЕМАМИ**

**I.V.Lutsiv Dr.Sc., Prof., V.N.Voloshyn Ph.D., Ass. Prof. , I.R.Petrechko, A.O.Matsiurak  
SHAPEFORMING FACTORS INVESTIGATION IN PARALLEL TURNING  
MACHINING WITH DOUBLE CARRIAGE SYSTEMS**

Задача підвищення продуктивності сучасних токарних верстатів з ЧПК та верстатних систем на їх основі в умовах багатонаменклатурного виробництва, високошвидкісної і прецизійної обробки деталей є пріоритетною для більшості фірм-виробників. Одним із способів підвищення продуктивності токарної обробки є багатоінструментальна обробка одночасно однієї або декількох поверхонь, зокрема і паралельна токарна обробка двома інструментами. До таких двосупортних систем також можна віднести і системи адаптивного типу із вирівнюванням осьових і відповідно радіальних навантажень між інструментами [1].

Резерви підвищення ефективності такої обробки з двохсупортних систем, які незалежно керуються, полягають в раціональному поєднанні обробки поверхні, або поверхонь заготовки при спільній частоті обертання шпинделя. Це раціональне поєднання одночасної токарної обробки значною мірою визначатиметься похибками, які виникають в процесі цієї обробки. А вони залежать від просторового розташування інструментів та одночасного впливу всіх складових сил різання від усіх інструментів, які беруть участь в обробці, пружних переміщень формуючої системи токарного верстата по всіх координатах, його геометричної точності та ін.

У розв'язку задач розрахунку точності технологічної оброблювальної системи, як одній із актуальних при вирішенні проблеми керування точністю, оцінки точності верстата на стадії проектування, встановленні окремих параметрів, що визначають точність обробки, використовують різні підходи. Нами встановлено, що для здійснення одночасної токарної обробки поверхонь заготовки декількома різальними інструментами формуюча система двосупортних токарних верстатів з ЧПК має паралельну структуру із спільними ланками, якими є базові вузли із шпинделем та оброблюваною деталлю. Виходячи з цього, на основі розгляду паралельної структури формуючої системи та координатних кодів формоутворення отримана модель функції формоутворення одношпindelного двосупортного токарного верстату з ЧПК для здійснення паралельної токарної обробки поверхонь. Така функція формоутворення є основною в структурі моделі вихідної точності сучасних одношпindelних двохсупортних токарних верстатів з ЧПК, а також дозволяє встановити їх формуючі можливості. Отримана функція формуючої системи верстата та аналіз системи зв'язків дозволив отримати перелік всіх можливих комбінацій оброблюваних поверхонь. Також прорахована оцінка спектру формуючих факторів одношпindelних двосупортних токарних верстатів з ЧПК.

### **Література.**

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

УДК 621.791.92

**В.В. Ляхов, В.С. Томчук, В.В. Чекалін**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ РЕЖИМУ ДУГОВОГО ЗВАРЮВАННЯ НА ФОРМУВАННЯ ЗВАРНОГО ШВА**

**V.V. Leahov, V.S. Tomchuk, V.V. Chekalin**

## **THE INFLUENCE OF PARAMETERS OF THE WELDING MODE ON THE FORMATION OF WELDED SEAM**

Однією з основних задач зварювального виробництва є отримання якісних зварних з'єднань. Під якістю зварних з'єднань розуміють властивості та геометричні параметри зварного шва ібіляшовної зони. Це досягається за рахунок вибору найбільш раціонального способу та параметрів режиму зварювання, останні впливають найбільше. Основною характеристикою геометричних параметрів зварного шва при дуговому зварюванні є коефіцієнт форми шва, значення його може змінюватися від 0,8 до 20. Зміни параметрів режиму, що викликають зменшення ширини шва і збільшення глибини проплавлення, призводять до зменшення коефіцієнта форми шва і навпаки, зменшення глибини проплавлення та збільшення ширини шва – до збільшення коефіцієнта форми.

До основних параметрів режиму дугового зварювання зазвичай відносять силу зварювального струму  $I_{зв}$ , напругу на дузі  $U_d$ , діаметр електрода  $d_{ел}$ , швидкість зварювання (швидкості переміщення дуги)  $V_{зв}$ , рід і полярність струму, кут нахилу електрода та вид захисту. Збільшення сили струму призводить до різкого зростання глибини проплавлення і практично не впливає на ширину шва, тобто призводить до зниження коефіцієнта форми шва. Такий вплив струму на глибину проплавлення обумовлений зміною тиску, що здійснюється стовпом дуги на поверхню зварювальної ванни, і збільшенням або зменшенням погонної енергії зварювання. Шляхом зміни величини зварювального струму в більшості випадків змінюють в необхідному напрямку глибину проплавлення основного металу. Збільшення швидкості зварювання зменшує ширину шва і несуттєво впливає на глибину проплавлення, тобто, призводить до зменшення коефіцієнта форми шва, а зменшення швидкості – до підвищення його значення. Зменшення діаметра електрода або зварювального дроту призводить до зростання глибини проплавлення і зменшення ширини шва, а відповідно, до досить різкого зменшення коефіцієнта форми шва. Нахил електрода кутом вперед призводить до зростання коефіцієнта форми шва внаслідок збільшення ширини шва і зменшення глибини проплавлення. На геометричні характеристики зварних швів істотно впливає рід і полярність зварювального струму, так при зварюванні на постійному струмі зворотної полярності глибина провару приблизно на 40-50% більше, ніж при зварюванні постійним струмом прямої полярності, а ширина шва змінюється навпаки. Обмежені можливості збільшення коефіцієнта форми шва в значній мірі визначають труднощі забезпечення стійкості металу шва проти кристалізаційних тріщин, особливо при зварюванні металу з підвищеним вмістом вуглецю. Нормальна форма поверхні шва забезпечується при коефіцієнті форми підсилення більш 5. При меншому значенні цього коефіцієнта не досягається плавності переходу від металу шва до основного металу. Всі зміни режиму, що зменшують ширину шва і збільшують кількість введеного в шов електродного металу, призводять до зменшення коефіцієнта форми підсилення.

1. Патон Б.Е. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением / Б.Е. Патон. - М.: Машиностроение, 1974. - 767 с. 2. Акулов А.И. Технология и оборудование сварки плавлением / А.И. Акулов, Г.А. Бельчук, В.П. Демянцевич. - М.: Машиностроение, 1977. - 432 с.

**УДК 621.888.4**

**Р.І. Матвієйко**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДИКИ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ ТВЕРДОСТІ ПРУЖНИХ КЛЕМ**

**R.I. Matviyeko**

### **INVESTIGATION OF THE METHODS OF NON-PROFESSIONAL CONTROL OF THE SOLIDITY OF ELASTIC CELLS**

Одним з найбільш трудомістких процесів технічного контролю якості пружних клем є контроль твердості.

Відповідно до існуючих технічних умов твердість пружних клем вимірюється на одному з плечей при виконанні не менше трьох замірів. Різниця результатів замірів на одній і тій же клемі не повинна становити більше, як 2 одиниці HRC, що вимагає чіткого і правильного встановлення клеми при проведенні контролю твердості. Однак правильне встановлення контрольованої поверхні деталі безпосередньо на предметний стіл вимірювального приладу є неможливим через складну геометричну форму клеми. Тому для визначення її твердості необхідно було попередньо виготовити і підготувати до випробування дослідний зразок, а це є трудомістким та тривалим процесом, до того ж економічно неефективним. У зв'язку з цим виникло питання про розроблення та дослідження методики проведення вимірювання твердості пружних клем неруйнівним контролем. Як показав аналіз, недостовірні результати методу вимірювання твердості пружних клем у призмі спричинені багатьма факторами. Одним з основних є те, що контакт поверхні прямолінійної ділянки клеми з призмою відбувається по лінії. Згідно технічних умов поверхня ніжки клеми виготовляється з певними відхиленнями в діаметрі та допуском форми, що викликає перекошування і нестійкість взірця у пристрої (призмі) під час заміру твердості. Другим фактором недостовірності результатів вимірювання твердості є знеуглецьований верхній шар клеми, який виникає внаслідок термооброблення. При визначенні твердості клеми за допомогою призми під дією основного навантаження приладу ТК-2М відбувається спочатку осідання знеуглецьованого шару, а потім занурення конуса у метал, деяка частина основного навантаження буде затрачена на подолання знеуглецьованого шару опорних площин, після чого, інша частина основного навантаження буде спрямована на виконання роботи згідно свого призначення - вдавлювання алмазного конуса у дослідний матеріал. В такому випадку величина  $h$  включає в себе значення  $h_{zn}$  (рис. 1), яке стандартною методикою згідно ГОСТ 9013-69 не передбачено для подальших розрахунків твердості і не допускається, а величина  $e$  буде рівна:

$$e = \frac{(h + h_{zn}) - h_0}{0,002},$$

де  $h_{zn}$  - глибина осідання знеуглецьованого шару під дією основного навантаження.

Дослідження показали, що чим більший знеуглецьований шар, тим більша розбіжність результатів порівняно з вимірюванням твердості на попередньо підготовлених зразках.

Крім того ще одним недоліком методу вимірювання твердості за допомогою призми є те, що не витримується встановлення контрольної поверхні по нормалі до алмазного конуса через складну конструкцію клеми.



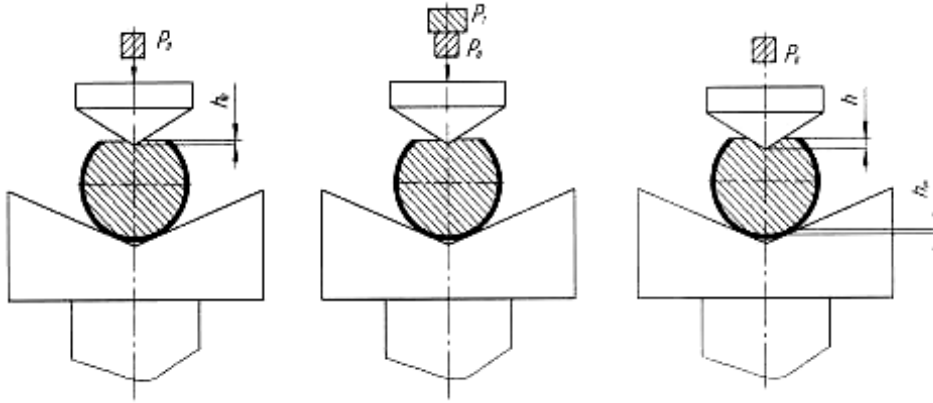


Рисунок 1. Схема визначення твердості на прямолінійній ділянці пружної клеми.

На цьому рисунку:  $P_0$  - попереднє навантаження;  $P_1$  - основне навантаження;  $h_0$  - глибина занурення наконечника у дослідний матеріал під дією попереднього навантаження  $P_0$ ;  $h$  - глибина занурення наконечника у дослідний матеріал під дією загального навантаження  $P = P_1 + P_0$ , виміряна після зняття основного навантаження  $P_1$ .

У зв'язку з цим, для усунення зазначених недоліків, потрібно вдосконалити методику неруйнівного контролю твердості пружних клем, зокрема, слідувати наступному алгоритму вимірювання твердості:

1. затиснути ніжку клеми у відповідному пристрою з таким зусиллям, яке потрібне для знехтування знеуглецьованого шару опорних площин;
2. провести підготовку місця заміру (це забезпечить перпендикулярність вимірної площини до алмазного конуса);
3. проводити вимірювання твердості у затисненому стані.

Для вдосконалення технології проведення контролю твердості спроектовано спеціальний пристрій, який дозволяє встановлювати контрольовану поверхню деталі по нормалі до вимірюваного алмазного конусу без її попереднього руйнування та виконання допоміжних операцій. Пристрій є універсальним з огляду на можливість його використання для контролю модифікацій деталі та забезпечення надійного орієнтування і фіксації деталей, виготовлених в межах поля допуску.

Принцип роботи даного пристрою полягає в тому, що на стійці корпусу, який є базовою деталлю пристрою встановлено двигун, до ротора якого закріплено шліфувальний круг. Взірець встановлюється в отвір затискного штоку і базується на запресованих кульках радіусом 3 мм. Завдяки цим кулькам контакт відбувається у точках, а не по лінії, що дозволяє знехтувати відхиленнями форми та розмірів, передбаченими технічними умовами. За допомогою компресора подається стиснуте повітря до циліндра, у який вмонтовано затискний шток для затиску пружної клеми. За допомогою маховика через шнекову передачу, яка вмонтована в стійці, здійснюється зворотно-поступальний рух шліфувального круга у вертикальній площині. Круг опускається на відстань 0,3...0,5 мм від поверхні, що підлягає обробленню. Віддаль між поверхнею деталі та різальним інструментом контролюється за допомогою шкали ноніуса, що розміщена на поверхні маховика.

Після попереднього оброблення (зішліфовування частини взірця) пристрій разом із закріпленим взірцем переміщується по напрямних на предметний стіл приладу ТК-2М, де на підготовленій поверхні проводиться замірювання твердості у трьох місцях на середині прямолінійних ділянках плеч пружної клеми.

УДК 621.07

А.О. Маціурак

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ІМОВІРНІСНИЙ ПІДХІД ДО ВИЗНАЧЕННЯ ДОВЖИНИ ЗАГОТОВКИ У ВИГЛЯДІ КАРТОЧКИ ДЛЯ ЗГОРТНИХ ВТУЛОК

A.O. Matsiurak

### PROBABILITY APPROACH TO FINDING THE CARD-LIKE BLANKS LENGTH FOR THE TURNING BUSHES.

Відзначимо, що величину  $L_3$  рекомендують визначати за середнім діаметром гортоної втулки  $d_c = 0,5(D + d)$ , тут  $D$  і  $d$  – відповідно зовнішній і внутрішній діаметри згортної втулки. При цьому не враховано кривину згортної втулки як кривого бруса великої кривини з прямокутним поперечним перерізом.

Відомо, що при кривині  $K = 1/\rho$ , тут  $\rho$  – радіус кривини і  $\rho \leq 7h$ , де  $h$  – висота поперечного перерізу у площині кривини, і тоді найімовірнішу довжину заготовки необхідно визначити не через  $d_c$ , а через радіус нейтрального шару  $r_n$  за формулою

$$L_3 = 2\pi h / (\ln R / r) \quad (1)$$

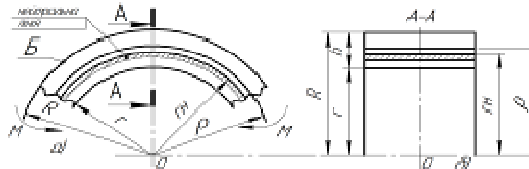


Рисунок 1. Схематичне зображення фрагмента згортної втулки як кривого бруса великої кривини: а) згин бруса двома моментами; б) переріз А-А.

У формулі (1) прийняті позначення:  $R$  і  $r$  – відповідно радіуси зовнішньої і внутрішньої циліндричних поверхонь згортної втулки.

Враховано, що величини  $h$ ,  $R$  і  $r$  є випадковими з нормальним законом розподілу Гауса та характеристиками: середніми значеннями, відповідно:  $\bar{h}$ ,  $\bar{R}$ ,  $\bar{r}$ , та середніми квадратичними відхиленнями  $\sigma(h)$ ,  $\sigma(R)$ ,  $\sigma(r)$ .

Отримані залежності для визначення середнього значення довжини  $\bar{L}_3 = 2\pi\bar{h} / \ln(\bar{R}/\bar{r})$ , та мінімальної  $L_{3min}$  та максимальної  $L_{3max}$ , довжин відповідно за формулами

$$L_{3min} = (2\pi[\bar{h} - 3\sigma(h)]) / \left( \ln \frac{\bar{R} + 3\sigma(R)}{\bar{r} - 3\sigma(r)} \right) \quad (2)$$

$$L_{3max} = (2\pi[\bar{h} + 3\sigma(h)]) / \left( \ln \frac{\bar{R} - 3\sigma(R)}{\bar{r} + 3\sigma(r)} \right) \quad (3)$$

Визначивши допуск  $\delta$  на довжину заготовки як різницю між  $L_{3max}$  і  $L_{3min}$ , тобто  $\delta = L_{3max} - L_{3min}$  і прийнявши що номінальна довжина заготовки  $L_n = L_{3max}$  довжину заготовки  $L_3$  як конструкторський параметр подамо у вигляді

$$L_3 = L_{3max} - \delta. \quad (4)$$

Таким чином, визначення довжини заготовки у вигляді плоскої прямокутної карточки, при її згортанні у втулку забезпечить, по-перше надійне закриття стикового шва, а по-друге забезпечить якісне калібрування у фільерах і в кінцевому рахунку необхідну якість за параметрами шорсткості зовнішньої циліндричної поверхні втулки і точності форми.

**УДК 669.539**

**А.А. Михайлович, В.П. Олексюк канд. техн. наук, доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### **КОНСТРУКЦІЯ НАКОПИЧУВАЧА ВОРОХУ ЛЬОНУ НА БАЗІ ПРИЧЕПУ ГКБ - 8876Д**

**A.A. Mykhaylevych, V.P. Oleksyuk Ph.D., Assoc. Prof.**

### **CONSTRUCTION OF A HEAP OF FLAX STORAGE ON THE BASIS OF A TRAILER GKB - 8876D**

Льон-довгунець є важливою технічною культурою. Його використовують для виробництва льоноволокна, з якого, в свою чергу, виготовляють цінні побутові, а також технічні тканини.

Найбільш ресурсозатратним етапом у виробництві льону є його збирання. При збиранні вирошеного врожаю 50...60% видатків припадає на післязбиральний обробіток, причому основна частка – на сушіння.

Після збирання льону комбайном отримують ворох льону. Потім його відправляють на пункти сушіння і переробки, які розміщені в господарствах, де ворох льону сушать і обмолочують.

В процесі обробки вороху льону на пункті сушіння і переробки значні затрати необхідні для його завантаження, сушіння, а також на переміщення сухого вороху до молотарки-віялки. Зниження даних затрат дозволить знизити собівартості отримання насіння високої якості. Розробка машин, які ще у полі будуть попередньо підсушувати, а також розділяти ворох на дві фракції: коробочки з насінням і плутанину, дозволяють на пунктах сушіння і переробки використовувати прості за конструкцією напільні сушарки для сушіння вказаних фракцій. Від якісної роботи робочих органів накопичувача залежить якість виконання технологічного процесу сепарації вороху льону і теплової обробки коробочок. Це є основою одержання якісного насіння і, як наслідок, високих врожаїв льону-довгунця. Для накопичення і транспортування вороху льону при збиранні льону-довгунця комбайновим методом без підсушування на полі, як правило, використовують причепа сільськогосподарського призначення. Їх застосування вимагає використання певної кількості транспортних засобів для забезпечення безперервності технологічного процесу збирання льону. Запропонована у роботі конструкція накопичувача льоновоороху розробляється з метою зниження затрат на використання транспортних засобів, а отже, і затрат паливно-енергетичних матеріалів, отримання насіння льону високої якості з низькою собівартістю, тобто застосування накопичувача льоновоороху в порівнянні з роздільним використанням причепа ГКБ–8876Д і напільної сушарки має суттєві переваги.

У конструкцію розроблюваного накопичувача входять оригінальний редуктор, а також трансмісія, що включає приводи соломотряса і вентилятора. Редуктор призначений для зміни площини обертання і розподілу крутного моменту на два потоки.

Накопичувач призначений для накопичення розділеного на соломотрясі льоновоороху на дві фракції: коробочок льону і плутанини. Вони відповідно розподіляються по двох камерах бункера.

Рівномірність подачі льоновоороху на соломотряс забезпечується транспортером комбайна. Коробочки льону після сепарації піддають обробітку теплим повітрям від вентилятора.

УДК 621.941

А.В. Михайлишин

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ІНЖЕНЕРНА МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ТЕПЛОВИХ ПОТОКІВ В ЗОНІ РІЗАННЯ ПРИ ТОЧІННІ

A.V. Mykhailyshyn

### AN ENGINEERING METHOD FOR CALCULATION OF HEAT FLOWS IN THE CUTTING AREA AT THE FINISHING

Теплові явища, які виникають при виготовленні деталей шляхом точіння, суттєво впливають на якість обробки деталей і працездатність обладнання, оснащення, інструменту. Сучасні тенденції інтенсифікації процесу різання призводять до значного підвищення теплових навантажень на різальний інструмент, в зв'язку з чим зростає і актуальність задач по їх дослідженні.

Особливий інтерес представляє знаходження теплових потоків на передній  $q_1$  та задній  $q_2$  поверхнях леза інструменту. Згідно з відомою методикою А.М.Резнікова[1] ці потоки визначаються з системи рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{q_1 l_1}{\lambda_u} M_1 + \frac{q_2 l_2}{\lambda_u} N_2 = (1+C)\Theta_\theta + 0,142 \frac{\sqrt{\omega_\theta}}{\lambda_\theta} \sqrt{\frac{k l_1}{V}} (q_{1T} - 1,3q_1) \\ \frac{q_2 l_2}{\lambda_u} M_2 + \frac{q_1 l_1}{\lambda_u} N_1 = (1+C)\Theta_\theta T_\theta + 0,1 \frac{\sqrt{\omega_\theta}}{\lambda_\theta} \sqrt{\frac{l_2}{V}} (q_{2T} - 1,82q_2) \end{cases}$$

в котрі, крім геометричних і теплофізичних параметрів, входять безрозмірні функції  $N_1$  і  $N_2$ , які враховують взаємний нагрів площадок на передній та задній поверхнях леза інструменту і які, в свою чергу, залежать від табульованих

функцій  $B(l_2/l_1)$ ,  $B(l_1/l_2)$  ( $l_1$ ,  $l_2$  – довжини контактних площадок на передній і задній поверхнях). Аналіз показав, що табульовані для різних кутів загострення  $\beta$  функції

$B(l_2/l_1)$  і  $B(l_1/l_2)$  доцільно представити в аналітичному вигляді. В результаті

апроксимації (похибка не перевищує 5%) для коефіцієнта  $B(l_2/l_1)$  встановлена лінійна

залежність, для коефіцієнта  $B(l_1/l_2)$  – степенева.

$$B(l_2/l_1) = 2,85 - 0,89(l_2/l_1); B(l_1/l_2) = 2,05(l_1/l_2)^{0,54} \text{ при } \beta = 90^\circ$$

$$B(l_2/l_1) = 3,43 - 0,74(l_2/l_1); B(l_1/l_2) = 2,79(l_1/l_2)^{0,54} \text{ при } \beta = 78^\circ$$

$$B(l_2/l_1) = 3,70 - 0,67(l_2/l_1); B(l_1/l_2) = 3,17(l_1/l_2)^{0,54} \text{ при } \beta = 72^\circ$$

Для конкретних даних можна отримати залежності теплових потоків  $q_1$  та  $q_2$  від зношування по задній поверхні  $h$ . Ці залежності з великою точністю апроксимуються лінійними функціями  $q_1 = 9,71 \cdot 10^7 - 10^9 h$ ;  $q_2 = 2,67 \cdot 10^8 h - 2 \cdot 10^8$ .

Використання отриманих залежностей суттєво спрощує розв'язування задач по визначенню щільності кінцевих теплових потоків. Розроблене програмне забезпечення, яке дозволяє виконувати розрахунки для любых умов експлуатації інструменту. На основі представлених залежностей суттєво спрощується розрахунок температури різання. Таким чином, в результаті проведених досліджень вдосконалена методика визначення теплових потоків в зоні різання і досліджений їх взаємозв'язок із зношуванням по задній поверхні леза інструменту. Розроблена методика дозволяє прогнозувати формування теплових потоків і температур в зоні різання на протязі всього періоду стійкості інструменту при будь-яких параметрах процесу різання.

#### Література

1. Резников А.Н. Теплофизика резания М.: Машиностроение, 1969. — 288 с.

**УДК621.86.**

**Т.Д. Навроцька**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **КОНТРОЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЗАМІРУ СФЕРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ ВТУЛОК**

**T.D. Navrotska**

### **CONTROL DEVICE FOR THE SEMICONDUCTOR SPHERICAL SURFACES VTULOK**

Контрольний пристрій для заміру сферичних поверхонь втулок, який виконано у вигляді підставки 1, з лівої сторони якої зверху встановлена вертикальна стійка 2. Зверху вертикальної стійки 2 жорстко встановлена кріпильна планка 3, яка є паралельно до площини плити підставки 1, з правого кінця якої жорстко встановлено затискний гвинт 4, який нижнім торцем є у взаємодії з вимірювальною деталлю 5. Остання двома крайніми нижніми отворами 6 встановлений на підпружинені установчі елементи 7. З правої сторони вимірювальної деталі 5 встановлено вимірювальну планку 10 пружинами 8 на направляючі по центру внутрішньої сфери 9 вісь якої розміщена на рівні висоти центра сфери. З лівого кінця сфери 9 виконано наскрізний ступінчастий отвір 11 перпендикулярний до її осі, вісь якого є паралельною до площини підставки 1, який є у взаємодії з вимірювальним шупом 12, підпружиненим пружиною з можливістю осевого переміщення, у ножах якого з двох сторін за вальцьовані сферична кулька 13 з можливістю вільного їх провертання. Правою сферичною поверхнею шуп 12 взаємодіє з сферичною поверхнею 9, а лівим кінцем він взаємодіє з торцем лівого плеча 14 двохплечового коромисла 15, який середнім отвором 16 встановлено на вісь 17 двохплечового механізму, яка встановлена зліва знизу вимірювальної планки 10.

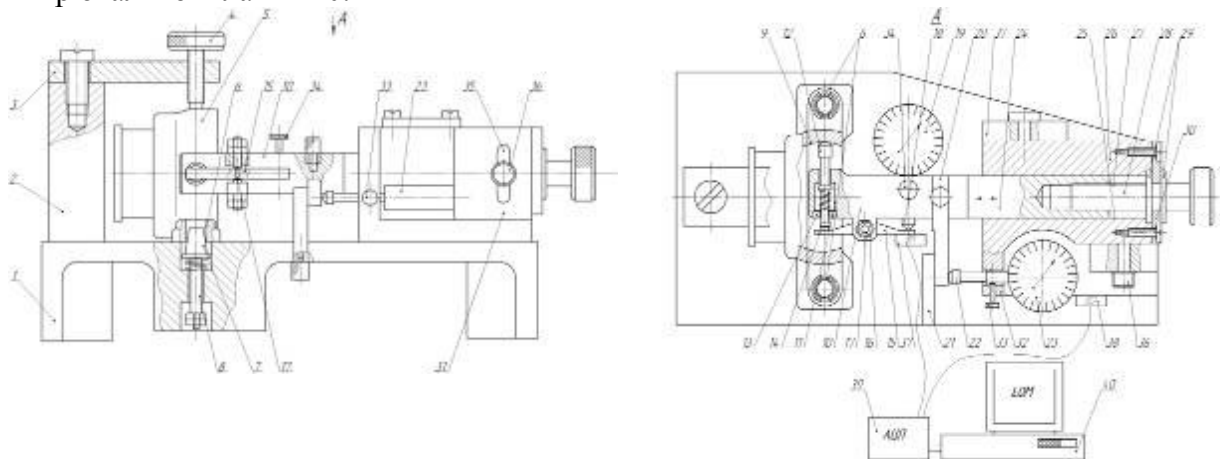


Рисунок 1. Контрольний пристрій для заміру сферичних поверхонь втулок

Другим плечем коромисла 15 взаємодіє з ніжкою 18 індикатора 19, який жорстко встановлений перпендикулярно до вимірювальної планки 10 з можливістю осевого переміщення ніжки 18 в ніжці якої теж за вальцьована сферична кулька 13 індикатора 19. По середині довжини, перпендикулярно до вимірювальної планки 10, зліва жорстко встановлено горизонтальну поперечну планку 20, яка зліва взаємодіє з вертикальним упором 21, який жорстко закріплений до площини підставки 1. З другої сторони горизонтальна поперечна планка 20 взаємодіє з ніжкою 22 в ніжці якої теж за

вальцьована сферична кулька 13 індикатора 23, яка встановлена в горизонтальній площині паралельно до вимірювальної планки 10. Правим вільним кінцем 24 вимірювальна планка 10 жорстко встановлена в направляючі 25 корпуса 26 з можливістю осьового переміщення. Крім цього у вільному торці вимірювальної планки виконано різьбовий отвір 27 в який загвинчено регулювальний гвинт 28, осьовий рух якого обмежений двома упорними шайбами 29, які жорстко закріплені до регулювального гвинта, між якими встановлена упорна планка 30 жорстко закріплена до торця корпуса 26. При цьому вісь вимірювальної планки 10 розміщена на рівні висоти центра сфери і фіксується це положення вимірювальною стійкою 31, яка жорстко закріплена, як до корпуса 26 так і до основи підставки 1. Крім цього індикатор 23 жорстко кріпиться до виступу 32 корпуса 26 гвинтом 33, а індикатор 19 до вимірювальної планки 10 гвинтом 34.

Для встановлення вимірювальної планки 10 з корпусом 26 на певній висоті використовують з однієї сторони вимірювальну стійку 31 з вертикальним пазом 35 і болтом 36, а з протилежної сторони праву стійку 37 аналогічним вертикальним пазом 35 стійки і болтом 36. Для фіксації параметрів сферичної поверхні використовують два датчики, перший (ІД1) – 37 – під'єднаний до індикатора 19, який вимірює діаметр сфери 10 на певній глибині. Другий датчик (ІД2) 38 під'єднаний до другого індикатора 23, який фіксує покази датчика 37 на певній глибині сфери. Сигнали датчиків 37 і 38 передаються на аналогово-цифровий перетворювач 39 (АЦП), а далі на комп'ютер 40 (ПК). Технологічний процес роботи контрольного пристрою для заміру конструктивних параметрів сферичних поверхонь деталі машин здійснюється наступним чином. Перед встановленням вимірювальної деталі, конструктивні параметри якої треба заміряти, в контрольний пристрій встановлюється деталь – еталон по конструктивних параметрах якої настроюють комп'ютерну систему 40 через аналогово-цифровий перетворювач 39, на верхні і нижні допустимі межі відповідних параметрів. В разі необхідності цим межах робочих деталей комп'ютерна система буде видавати інформацію про граничні розміри і можливість їх виправлення або забракує, так як не підлягає виправленню. В разі необхідності на пристрої можна встановлювати щупи з відповідно-аналогічними перетворювачами і приладами для заміру шорсткості поверхні і передачі її на комп'ютерну систему. Далі деталь 5, параметри якої необхідно контролювати, встановлюють в пристрій і затискають гвинтом 4. Далі датчик 37 зі щупом 12 підводять до сферичної поверхні 9. Також датчик 38 з щупом 22 підведено до поперечної планки 20, щоб замірювати глибину розміщення щупа 12 у сферичній поверхні. При обертанні регулювального гвинта 28 щуп 12 сферичними кульками 13, які змащуються мастилом, замірює параметри сфери і її нерівності на повній глибині, що спричиняє зміну індуктивності датчиків, яка сприймається аналогово-цифровим перетворювачем 39 і перетворює сигнали з датчиків у цифровий сигнал, який передається на комп'ютер 40. Результати реалізуються комп'ютером програмно: будуються графіки, обчислюються величини відхилень, тощо. Після заміру діаметрів сфери 9 на певній глибині деталь 5 знімається, датчики відводяться, а результати роздруковуються на принтері. В разі потреби вимірювальна планка 10 зі щупом 9 може провертатися навколо своєї осі при незначній зміні конструкції (на кресленні не показано).

До переваг контрольного пристрою відноситься підвищення точності замірів і чутливості підвищення продуктивності праці контрольних операцій.

### **Література**

1. Заблонский К.И. Основы проектирования машин. - К.: Вища школа Головное изд-во, 1981.-с.312.

**УДК 631.42**

**П.М. Навроцький, Н.І. Хомик, канд. техн. наук, доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ПЕРЕВАГИ ЗАСТОСУВАННЯ УДОСКОНАЛЕНОГО КОМІРКОВО-ДИСКОВОГО ВИСІВНОГО АПАРАТУ**

**P.M. Navrozkyu; N.I. Khomyk, Ph.D., Assoc. Prof.**

### **ADVANTAGES OF APPLICATION OF IMPROVED ALVEOLAR-DISC SEEDING DEVICE**

Вирощування цукрових буряків за інтенсивними енерго- та ресурсозберігаючими зональними технологіями передбачає використання високоякісного насіння; систему обробітку ґрунту; вибір науково-обґрунтованого попередника; систему добрив і захисту рослин; застосування нових агроприйомів, з врахування того, що посів – найвідповідальніша операція, при якій закладається майбутня густина рослин – основа урожаю, його кількості та якості.

Одна з головних умов якісного посіву цукрових буряків – це суміщення операцій допосівного обробітку і сівби, для максимального збереження вологи у ґрунті, що сприяє появі дружних сходів. Посів одного поля повинен бути виконаний без розриву в часі, тобто за 1...2 дні.

Найякісніших показників посіву цукрових буряків можна досягти лише при висіві дражованого насіння. Це доводять порівняльні випробування різних бурякових сівалок при посіві дражованого і звичайного шліфованого насіння.

Розрахунок та дослідження параметрів удосконаленого висівного апарату сівалки ССТ-12Б, який забезпечує рівномірний однозерновий посів завдяки виключенню заклинювання насіння між роликком-відбивачем і висівним диском та уникнення пошкодження насіння, є актуальною науково-практичною задачею.

На основі наукових праць різних авторів присвячених досліджуваній проблематиці проаналізовано фізико-механічні властивості насіння цукрових буряків та технологічні особливості вирощування цукрових буряків, які використано при обґрунтуванні схеми висівного апарату сівалки ССТ-12Б та проведенні інженерних розрахунків.

Проаналізовано, які фактори найбільше впливають на рівень врожайності коренеплодів цукрових буряків. Виконано аналіз способів сівби цукрових буряків та відзначено агротехнічні вимоги до сівби цукрових буряків.

Проаналізовано конструкції сівалок закордонного виробництва для сівби цукрових буряків, відзначено їх переваги та недоліки.

Проаналізовано базову конструкцію сівалки ССТ-12Б, її переваги, недоліки, технологічний процес та особливості регулювання, можливості для удосконалення.

Базову сівалку ССТ-12Б обладнують комірково-дисковим висівним апаратом, який не може бути використаний для посіву дражованого насіння цукрових буряків. При обертанні, ролика-чистика назустріч висівному диску, який забезпечує зчісування зайвого насіння, відбувається ковзання насіння, захоплюваного роликком відносно висівного диска, а також, того, що знаходиться у комірках. Відбиваючий ролик, що обертається, зустрічаючись із виступаючими частинами насіння, не може їх перемістити через заклинювання насіння у комірках висівного диска і, тому дробить їх. З часом у процесі роботи такого висівного апарату кількість роздрібненого насіння у бункері нагромаджується, що може призвести до повного порушення точного висіву.

На основі аналізу конструкцій висівних апаратів та враховуючи агротехнічні вимоги до точної сівби запропоновано удосконалити висівний апарат, встановивши у ньому активний ролик-чистик. Такий висівний апарат сівалки ССТ-12Б забезпечуватиме якісне виконання сівби дражованим насінням цукрових буряків.

Системи точної сівби призначені для виконання основного процесу – розподілу насіння у ґрунті з певними параметрами (крок сівби, глибина загортання). Це головна мета, яка досягається у процесі виконання трьох основних операцій: формування вихідного потоку насіння, транспортування насіння до сошника і розміщення його у борозні. Подача насіння має дві основні фази: западання насіння у комірочки та видалення зайвого насіння з робочої поверхні диска.

У вертикально-дискових висівних апаратах бурякових сівалок ССТ-12 для видалення зайвих або неправильно укладених насінин з комірок диска застосовують активний ролик-чистик. Положення його щодо вертикальної осі диска вибирають, виходячи з умови мінімального пошкодження насінин при оптимальному заповненні ними комірок.

Запропоновано виконання проміжного кільця ролика-відбивача з матеріалу з пружними властивостями відповідно до матеріалу і розмірів насіння. Це виключає заклинювання насіння між роликом-відбивачем і висівним диском і запобігає пошкодженню та підвищує точність висіву.

Для забезпечення достатнього ступеня заповнення комірок клубочками насіння при одночасному зменшенні ступеня їхнього дроблення, запропоновано встановити ролик-чистик так, щоб він поверхнею свого обода у задній частині торкався вертикальної осі диска висівного апарату.

Насіння видаляється з комірок висівного диска за рахунок вільного випадання і примусового виштовхування. Найчастіше на бурякових сівалках використовують пластинчасті клинові очисники.

Розраховано параметри комірочно-дискового висівного апарату, визначено діаметр, висоту і глибину комірок, кількість комірок на диску.

Визначено умови виштовхування насіння із комірок висівного апарату.

Визначено параметри розміщення насіння у борозні.

Визначено висоту встановлення висівного апарату, значення її близьке до висоти встановлення висівного апарату у базовій конструкції.

Висівний диск увесь час змінює нахил стінки комірки стосовно грані очисника. Щоб постійно дотримувалося умова виштовхування насінини з комірки, потрібно, щоб робоча грань очисника була нахилена до стінки комірки висівного диска під кутом  $\alpha$ , який має перевищувати подвійне значення кута зовнішнього тертя насіння буряку по матеріалу диска і виштовхувача. Робочу грань нерухомого клинового очисника виконують у вигляді логарифмічної кривої.

Аналізуючи розрахунки процесу розміщення насіння у борозні, можна зробити висновок, що найбільший вплив на нерівномірність розподілу насіння на довжині рядка має саме ця фаза сівби. Так, переміщення насінини при рухові її від диска до дна борозни співвідносне з кроком сівби. Тому для підвищення рівномірності розміщення насіння на довжині рядка необхідно, перш за все, зменшити горизонтальну складову абсолютної швидкості руху насіння, що можливе за рахунок встановлення активного насінневода.

### **Література**

1. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Кн.1: Машини для рільництва /П.В. Сисолін, В.М. Сало, В.М. Кропівний; За ред. М.І. Черновола. – К.: Урожай, 2001. – 382 с.



**УДК 621.9.04**

**А.М. Олексієвич**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ОСНОВНІ ПЕРЕВАГИ ТА ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ З МЕХАНІЗМАМИ ПАРАЛЕЛЬНОЇ СТРУКТУРИ**

**A.M. Oleksiievych**

### **THE MAIN ADVANTAGES AND FEATURES OF USE OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT WITH MECHANISMS OF PARALLEL STRUCTURE**

Технологічні можливості верстатних систем визначаються кінематичною структурою, компоновкою, конструктивним виконанням, рівнем автоматизації та технічною характеристикою. Верстати з паралельною кінематикою (технологічне обладнання з механізмами паралельної структури) є перспективною альтернативою традиційному металообробному обладнанню. Технологічне обладнання паралельної структури має більш широкий спектр технологічних можливостей ніж традиційні верстати внаслідок забезпечення виконавчому органу до шести ступенів вільності, що дозволяє здійснювати йому переміщення в просторі відносно всіх осей координатної системи та реалізувати майже всі схеми формоутворень поверхонь деталей, а також інші процеси виготовлення продукції за одне встановлення деталі з усіх сторін, крім базових. Специфічною особливістю технологічного обладнання паралельної структури, що відрізняє його від традиційних верстатів є реальна можливість виконання складальних операцій, випробування та вимірювання виробів, які виготовляються на конкретному обладнанні. При цьому відсутні транспортні операції.

Створення верстатів з паралельною кінематикою є перспективною альтернативою традиційним верстатам завдяки таким перевагам:

- будуються на основі просторових стрижневих систем, мають менші маси і підвищену жорсткість;
- реалізують одночасно (паралельно) передачу енергії від ведучого ланки до веденої декількома кінематичними ланцюгами і механізмами;
- забезпечують потік рухів і сил виконавчих вузлів верстата шляхом раціонального розподілу переміщень і навантажень між декількома кінематичними ланцюгами;
- створюють замкнені кінематичні ланцюги, які утворюють замкнений просторовий контур підвищеної жорсткості;
- побудовані на основі безконсольної конструкції;
- мають високу точність позиціонування робочого органу;
- для них характерні високі швидкості переміщення і прискорення робочого органу;
- порівняно низькі витрати на обслуговування та ремонт;
- більш висока надійність внаслідок відсутності силових зубчастих передач та силового гідроприводу, а також системи централізованого змащування;
- висока ступінь уніфікації мехатронних вузлів, що забезпечує технологічність виготовлення верстата і його конструктивну гнучкість.

#### **Література.**

1. Крижанівський В. А. Технологічне обладнання з паралельною кінематикою: навчальний посібник для ВНЗ / [В.А. Крижанівський, Ю.М. Кузнецов, І.А. Валявський, Р.А. Складаров]; за ред. Ю.М. Кузнецова. – Кіровоград, 2004. – 449 с.

УДК 631.356.26

Є.О. Олійник

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна

## ТЕХНОЛОГІЧНА ПОДАЧА ВИКОПАНИХ КОРЕНЕПЛОДІВ ЦИКОРІЮ ДО ОЧИСНИКА ВОРОХУ

Е.О. Oliynyk

### TECHNOLOGICAL SUPPLY OF DIGESTED CHICORY ROOT CROPS TO A HEAP CLEANER

Основними причинами зниження виробництва цикорію є недосконалість техніки для збирання та невідповідність показників якості роботи встановленим вимогам. Від застосованих конструвальних схем очисних систем і їх параметрів робочих органів залежить якість очищення коренеплодів від домішок, їх пошкодження та втрати.

Підвищення ефективності збирання коренеплодів цикорію і, як наслідок, підвищення якості продукції їх переробки вимагає принципово нових підходів до розробки та впровадження прогресивних технологій збирання.

Шляхами підвищення показників якості виконання технологічного процесу збирання коренеплодів цикорію, які являють собою комплексну науково-технічну задачу, є пошук нових конструктивних схем комбінованих робочих органів і створених на їх базі удосконалених очисників вороху коренеплодів цикорію та конструвальних схем коренезбиральних машин загалом. Одним із резервів підвищення якості очищення коренеплодів цикорію є інтенсифікація технологічного процесу відокремлення компонентів домішок від коренеплодів шляхом застосування удосконалених очисних систем з комбінованим робочим органом, які реалізують додатковий динамічний ефект одночасної взаємодії очисних елементів із компонентами домішок і коренеплодами.

Технологічний процес роботи удосконаленої очисної системи в першу чергу



Рисунок 1. Схема операцій очищення вороху

регламентується та в значній мірі залежить від технологічної подачі складових компонентів викопаного вороху до її робочих органів. Складовими компонентами технологічної подачі викопаного вороху є технологічна подача до робочих органів очисної системи викопаних коренеплодів і домішок. Домішки вороху можуть бути ґрунтового та рослинного походження, які також можуть бути у вільному та «зв'язаному» станах відносно чистих коренеплодів, рис. 1 [1].

Якщо збирання коренеплодів 1 (рис. 2) цикорію відбувається одночасно з  $N$  рядків, тоді сумарна теоретична технологічна подача  $\sum_{i=1}^N \Pi_{cki}(t)$  ( $i = 1, 2, \dots, N$ ) складових компонентів вороху до робочих органів очисної системи за проміжок часу  $t$  руху коренезбиральної машини визначається

$$\sum_{i=1}^N \Pi_{cki}(t) = \sum_{i=1}^N \Pi_{ki}(t) + \sum_{i=1}^N \Pi_{pi}(t) + \sum_{i=1}^N \Pi_{npi}(t) + \sum_{i=1}^n \Pi_{zi}(t) + \sum_{i=1}^N \Pi_{oi}(t) + \sum_{i=1}^N \Pi_{zoi}(t), \quad (1)$$

де  $\sum_{i=1}^N \Pi_{ki}(t)$ ,  $\sum_{i=1}^N \Pi_{\rho i}(t)$ ,  $\sum_{i=1}^N \Pi_{n\rho i}(t)$ ,  $\sum_{i=1}^N \Pi_{zi}(t)$ ,  $\sum_{i=1}^N \Pi_{\delta i}(t)$ ,  $\sum_{i=1}^N \Pi_{\varepsilon i}(t)$  – сумарна подача чистих коренеплодів, вільного ґрунту, налиплого ґрунту на поверхні викопаних коренеплодів, втрат зрізаної вільної гички, втрат зрізаних бур'янів, залишків гички з  $N$  рядків за час  $t$ , кг.

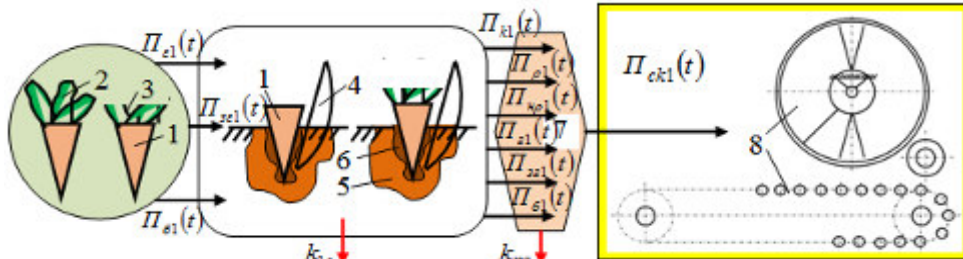


Рисунок 2. Схема технологічної подачі складових компонентів вороху до робочих органів очисника: 1 – коренеплід; 2 – гичка; 3 – залишки гички; 4 – копач; 5 – навколоплідне ґрунтове середовище; 6 – налиплий ґрунт; 7 – з'єднувальна ланка коренезбиральної машини; 8 – очисник вороху

При цьому сумарна подача  $\sum_{i=1}^N \Pi_{ki}(t)$  чистих коренеплодів до робочих органів очисної системи визначається за формулою

$$\sum_{i=1}^N \Pi_{ik}(t) = \Pi_{1k}(t) + \Pi_{2k}(t) + \dots + \Pi_{Nk}(t), \quad (2)$$

де  $\Pi_{1k}(t)$ ,  $\Pi_{2k}(t)$ , ...,  $\Pi_{Nk}(t)$  – подача чистих коренеплодів з 1, 2, ...,  $N$ -го рядка за час  $t$ , кг.

Подача  $\Pi_{ik}(t)$  чистих коренеплодів 1 (рис. 2) з кожного окремого 1, 2, ...,  $N$ -го рядка за проміжок часу  $t$  за швидкості руху коренезбиральної машини  $\mathcal{G}_M$  дорівнює різниці подачі коренеплодів  $\Pi_{uk}(t)$ , які залягають у навколоплідному ґрунтовому середовищі до їх викопування та сумарних втрат  $\sum \Pi_{ek}(t)$  коренеплодів або їх частин, які виникають у процесі їх викопування робочими органами 2, 3 копача та переміщення до робочих органів очисної системи, тобто

$$\begin{cases} \Pi_{1k}(t) = \Pi_{1uk}(t) - \sum \Pi_{1ek}(t) = \Pi_{1uk}(t) - [\Pi_{1kk}(t) + \Pi_{nk}(t_n)]; \\ \Pi_{2k}(t) = \Pi_{2uk}(t) - \sum \Pi_{2ek}(t) = \Pi_{2uk}(t) - [\Pi_{2kk}(t) + \Pi_{nk}(t_n)]; \\ \dots; \\ \Pi_{Nk}(t) = \Pi_{Nuk}(t) - \sum \Pi_{Nek}(t) = \Pi_{Nuk}(t) - [\Pi_{Nkk}(t) + \Pi_{nk}(t_n)] \end{cases}, \quad (3)$$

де  $\Pi_{1uk}(t)$ ,  $\Pi_{2uk}(t)$ , ...,  $\Pi_{Nuk}(t)$  – подача коренеплодів, які залягають у навколоплідному ґрунтовому середовищі до їх викопування з 1, 2, ...,  $N$ -го рядка за час  $t$ , кг;

$\Pi_{1kk}(t)$ ,  $\Pi_{2kk}(t)$ , ...,  $\Pi_{Nkk}(t)$  – втрати коренеплодів, які виникають під час їх викопування з навколоплідного ґрунтового середовища з 1, 2, ...,  $N$ -го рядка за час  $t$ , кг;

$\Pi_{nk}(t_n)$  – втрати коренеплодів, які виникають у процесі переміщення викопаних коренеплодів по робочих органах коренезбиральної машини до робочих органів очисної системи за час переміщення  $t_n$ , кг.

### Література

1. ДСТУ 4981:2008. Цикорій коренеплідний. Збирання. Показники якості та методи їх визначання. К., 2008. 25 с.

УДК621.86.

Ю.Ф. Павельчук

Подільський державний аграрно-технічний університет, Україна

## ОСОБЛИВОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ НАСІНЕВИХ СТРІЧОК ПОСІВНИХ МАШИН

Yu.F. Pavelchuk

### FEATURES OF MANUFACTURING SUSPENSION DRYING MACHINES

Апарат для виготовлення насінєвих стрічок зображено на рис.1, який виконано у вигляді рами 1, на якій змонтовані всі вузли. З лівої сторони рами виконано ліву вертикальну стійку 2, а з правого кінця праву вертикальну стійку 3. З низу лівої вертикальної стійки 2 на кронштейні 4 встановлена гофрована бухта 5 на осі 6 з можливістю кругового повертання. На правій вертикальній стійці 3 зверху встановлена на осі 7 гладка стрічка 8 з можливістю кругового повертання. Між лівою 2 і правою 5 вертикальними стійками встановлено стрічковий конвеєр 9. У гофрованій стрічці 5, віддалі між сусідніми виїмками 10 гофр 11 є рівною віддалі між зернинами при їх висіві у ґрунт. При її розмотуванні гофрована стрічка 5 є у взаємодії з лівим кінцем стрічкового конвеєра 9. Під бухтою гладкої стрічки 8 на кронштейні 12 встановлено формувальний зубчастий інструмент 13, в якому зуби виконані рівномірно по колу, а віддалі між зубами 14 дорівнює віддалі між сусідніми насінинами 15 розміщеними на нижній гофрованій стрічці. З верху лівого кінця стрічкового конвеєра 9 жорстко на кронштейні 16 встановлено одно зерновий висівний апарат 17 з насіннеукладчиком 18 насінин 15 гофровану нижню стрічку 10. З лівого кінця рами 1 встановлено привід 19, за допомогою якого здійснюється привід всіх механізмів відомим способом. Намотування насінєвих стрічок з насінням здійснюється в бухту 20 на вісь 21, яка встановлена на підставках 22. Керування апаратом здійснюється з пульта керування 23. Крім цього гофрована 5 і гладка 8 стрічки є попередньо пропитані у розчині з відповідними добривами і висушені. В разі необхідності на гофровану нижню стрічку додатково доставляють необхідну частку добрив.

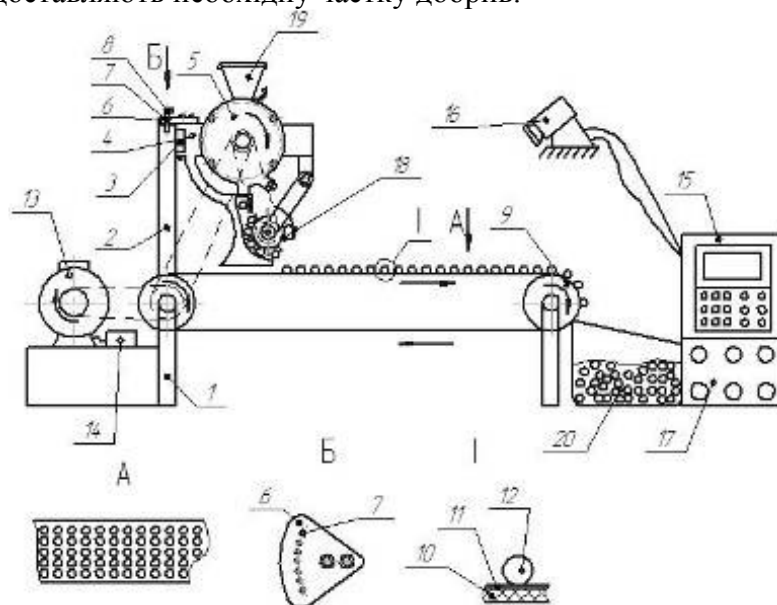


Рисунок 1. Апарат для виготовлення насінєвих стрічок

У процесі обертання висівного диска на насінину 3 діють такі сили:  $P_T$  -

вертикальна сила тиску,  $H$ ;  $P_{від}$  – відцентрова сила,  $H$ ;  $P_{тер}$  – сила тертя,  $H$ .

Під час перебування насінини у горизонтальній комірці диска бічна сила тиску відсутня. Силу вертикального тиску визначено за формулою

$$P_T = \sigma_g S_z, \quad (1)$$

де  $\sigma_g$  – вертикальний тиск зернового шару в бункері, Па;

$$\sigma_g = k_\delta pgh, \quad (2)$$

де  $S_z$  – площа горизонтальної проекції насінини,  $m^2$ ;

$k_\delta$  – поправочний коефіцієнт, що враховує динамічність навантаження;

$p$  – щільність насіння в бункері;

$h$  – висота зернового шару в бункері, мм.

Площа горизонтальної проекції насінини в апараті

$$S_z = \frac{\pi d_l^2}{4}, \quad (3)$$

де  $d_l$  – діаметр насінини.

Підставивши значення  $\sigma$  і  $S$  у рівняння (2.42), отримано

$$P_T = k_\delta pgh \frac{\pi d_l^2}{4}. \quad (4)$$

Відцентрову силу інерції визначено за формулою

$$P_{від} = m \omega_\delta^2 r_n, \quad (5)$$

де  $\omega_\delta$  – кутова швидкість обертання диска,  $c^{-1}$ ;

$r_n$  – радіус розміщення насінини в диску, м.

$$\omega = 2\pi n. \quad (6)$$

Сила тертя

$$P_{тер} = P_T f_n, \quad (7)$$

де  $f_n$  – коефіцієнт тертя між насінинами.

Робота апарату здійснюється наступним чином. Гофрована висушена стрічка 5 розмотується і за допомогою скочу її кінець кріпиться до стрічки стрічкового конвеєра 9. Здійснюється відладка апарата, після якої встановлюють апарат на стенд і здійснюється процес склеювання насінєвих стрічок з насінням. Стрічковий конвеєр 9 подає гофровану стрічку 5 під висівний апарат 17, який за допомогою насіннеукладчика 18 складає насінини 15 у виїмки 10 гофр. При подальшому переміщенні з бухти 8 подається гладка стрічка 8, за допомогою формувального інструмента 13 і зубів 14 здійснюється склеювання гофрованої сторони з зернинами 15 з верхньою гладкою стрічкою 8, які покриті відповідною склеюванню речовиною відомим способом. Після чого насінєва стрічка намотується на вісь 21 в бухту 20 на підставці 22.

До переваг апарату відноситься розширення технологічних можливостей і підвищення якості виготовлення насінєвих стрічок.

### **Література**

Пат. №81483 Україна МПК А01С 1/04“Апарат для виготовлення насінєвих стрічок” / Павельчук Ю.Ф., Білик С.Г., Лотоцький Р.І., Ткаченко І.Г., Клендій М.І. Заявник і патентовласник Павельчук Ю.Ф., Білик С.Г., Лотоцький Р.І., Ткаченко І.Г., Клендій М.І. №u201302347, заявл. 25.02.2013, опубл. 25.06.2013, бюл. №12/2013. (частка всіх авторів однакова).

**УДК 621.91**

**Ю.Є. Паливода, канд. техн. наук, доц., П.О. Вдовиченко**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ШОРСТКОСТІ ПОВЕРХОНЬ ПІСЛЯ ПРОЦЕСУ ДОВЕДЕННЯ**

**Yu.Ye. Palyvoda, Ph.D., Assoc. Prof., P.O. Vdovychenko**

### **THE RESEARCH OF SURFACES ROUGHNESS AFTER FINISHING PROCESS**

Для дослідження шорсткості поверхні після процесу прецизійного доведення проведено серію експериментів. Шорсткість обробленої поверхні визначали за допомогою профілографа-профілометра. Шорсткість поверхні після процесу прецизійного доведення 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, геометрія та стійкість інструмента для доведення, тип і стан устаткування та технологічного оснащення, жорсткість та динамічні характеристики елементів технологічної системи, матеріал та зернистість абразивних мікропорошків, питомий тиск на поверхнях. 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 доведенні поверхні. 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,  $x_1(V)$ ,  $x_2(t)$ ,  $x_3(Ra_1)$ . Щоб знайти залежність  $Ra=f(V, t, Ra_1)$  використовували повний факторний експеримент типу  $3^k$ , де  $k$  – кількість змінних незалежних факторів ( $k=3$ ), що потребує реалізації 27 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:

$$Ra_{(x_1, x_2, x_3)} = 0,076 + 0,0034x_1 - 0,005x_2 + 0,018x_3 - 0,00038x_1x_2 + \quad (1)$$
$$+ 0,00063x_1x_3 - 0,0011x_2x_3 - 0,00072x_1^2 + 0,0012x_2^2 - 0,0037x_3^2.$$

При переході від кодованих факторів до натуральних, рівняння (1) записано наступним чином:

$$Ra_{(V, t, Ra_1)} = 5,46 \cdot 10^{-2} + 2,41 \cdot 10^{-4}V - 2,97 \cdot 10^{-4}t + 0,11 \cdot Ra_1 - 3,16 \cdot 10^{-7}tV + \quad (2)$$
$$+ 6,99 \cdot 10^{-5}VRa_1 - 9,16 \cdot 10^{-5}tRa_1 - 8 \cdot 10^{-7}V^2 + 7,5 \cdot 10^{-7}t^2 - 4,11 \cdot 10^{-2}Ra_1^2,$$

де  $V$  – швидкість різання, м/хв;  $t$  – час обробки, с;  $Ra_1$  – початкова шорсткість поверхні заготовки, мкм.

Слід зауважити, що дана емпірична залежність адекватно відображає процес на проміжках змінних параметрів :  $40 < V < 100$  м/хв,  $120 < t < 200$  с,  $0,2 < Ra_1 < 0,8$  мкм.

**УДК 664.553.1**

**І.Я. Стадник докт. техн. наук, проф., Ю.Ю. Паньків**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **РОЗРОБЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ЗМІШУВАЧА ДЛЯ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПЕРЕМІШУВАННЯ КОМПОНЕНТІВ**

**I.Y. Stadnyk Ph.D, Prof., J.Y. Pankiv**

### **DEVELOPMENT OF MIXER STRUCTURE FOR INTENSIFICATION OF COMPONENT MIXING**

Питання підвищення якості сумішей, що застосовуються у харчовій та фармацевтичній промисловості, є актуальним і йому приділяється велика увага, як у нашій країні, так і за кордоном. В умовах ринкової економіки та жорсткої конкуренції найкращим буде те обладнання, яке дозволяє оптимізувати технологічні процеси, тобто здійснювати їх швидше, з меншими енергетичними та матеріальними витратами, а також із залученням меншої чисельності обслуговуючого персоналу. Однією із обов'язкових операцій для багатьох технологічних процесів є змішування сировинних компонентів. Здебільшого, обладнання для цієї операції обирають виходячи з особливостей виробництва, заданої продуктивності, характеристик сировини, показників якості готової суміші та економічних можливостей підприємства. Українські харчові підприємства в умовах гострої конкуренції з закордонними виробниками та у зв'язку з достатньо високими цінами на закордонне обладнання, потребують модернізації виробництва з залученням власних виробників обладнання. Наукові дослідження у цій області знань відкривають шляхи для задоволення потреб ринку при розробці нових конструкцій з необхідними параметрами. Початковими умовами змішувально-збивального процесу є дотримання рецептури компонентів. Вважається, що змішування тіста здійснюється в частинах, які можуть бути представлені стадіями. Збивання тіста для кондитерського виробництва має свої визначені стадії. Процес збивання і піноутворення за своєю суттю однакові та полягають у диспергуванні газу в рідині. Така система у збитій масі утримує в основному газові позирці. Між собою вони розділені тонкою плівкою рідини, що має стабілізатор піни-поверхнево-активні речовини. Схематично структуру піни можна уявити як упаковку бульбашок газу із тонкими плівками основного високодисперсного наповнювача. Змішувач складається з циліндричної ємності 1 діаметром  $d$  встановленої на опорах, всередині розміщений вертикальний вал 2, який приводиться в рух за допомогою електродвигуна 3 з'єднаного муфтою 4. Через завантажувальні патрубки 5 та 6 дозуються рідкі та сипучі компоненти. На валу 2 закріплено ротор 7 внутрішнім діаметром  $D$  з вхідним отвором і вихідними каналами. Діаметр вхідного отвору для оброблюваного продукту регулюється змінною шайбою 8. В середині ротора додатково встановлено два циліндри радіусів: 9-відповідно  $0,2...0,25D$  та 10-радіусом  $0,35...0,4D$  із вісьма наскрізними каналами. Циліндр 10 радіусом  $0,35...0,4D$  встановлений з ексцентриситетом. Через канал 11 циліндричної ємності 1 виводиться готова суміш з ротора 7. Змішувач працює дискретно. За допомогою завантажувальних патрубків 5 та 6 компоненти подаються в циліндричну ємність апарата 1, в якій вони за допомогою ротора 7 розкручуються та отримують відцентрове прискорення. Всередині ротора по висоті  $h_c$  створюється зниження тиску, що в свою чергу створює об'ємне всмоктування компонентів всередину ротора, при цьому гідравлічний опір входу в ротор мінімальний.

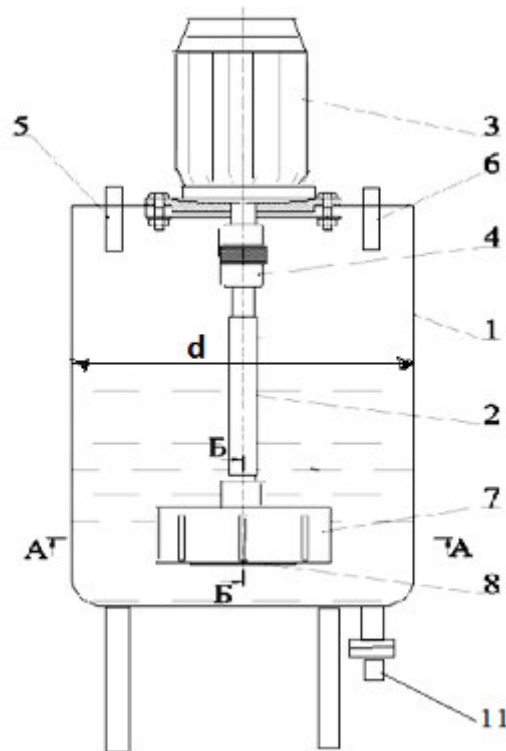


Рисунок 1. Конструктивна схема змішувача

Змішувач працює дискретно. За допомогою завантажувальних патрубків 5 та 6 компоненти подаються в циліндричну ємність апарата 1, в якій вони за допомогою ротора 7 розкручуються та отримують відцентрове прискорення. Всередині ротора по висоті  $h_c$  створюється зниження тиску, що в свою чергу створює об'ємне всмоктування компонентів всередину ротора, при цьому гідравлічний опір входу в ротор мінімальний. Рідка суміш всмоктується всередину робочого органу через змінну шайбу 8, що дозволяє змінювати інтенсивність її обробки. Відповідно через канали першого циліндра 9 суміш потрапляє у першу порожнину, а через канали другого циліндра 10 встановленого з ексцентриситетом у другу порожнину. В результаті несиметричності порожнин та встановленого зазору між розрахованим внутрішнім діаметром ротора і внутрішньою поверхнею циліндричної ємності апарата 1 в роторі рідка суміш рухається зі змінною швидкістю. Утворення циклічних перепадів швидкостей течії встановлюється в утворених зазорах між внутрішнім діаметром ротора та вмонтованими циліндрами.

Запропонована методика розрахунку внутрішнього діаметра ротора дозволяє встановити його конструктивні параметри по відношенню до циліндричної ємності апарата. Відповідно це викликає утворення періодичних завихрень високої частоти і розвиненої турбулентності в локальних об'ємах ротору і ємності, які інтенсифікують процес змішування. Готова суміш з ротора 7 виводиться через канал 11 циліндричної ємності 1 на подальший технологічний процес.

Таким чином, виконання ротора з внутрішнім діаметром  $D$  в залежності від діаметра ємності  $d$  та готового об'єму рідкої суміші по завантаженню  $V_{zc}$  і висоти шару суміші в роторі  $h_c$ , дозволяє отримати конструкцію вискоелективного змішувача з оптимальною енергоємністю та матеріаломісткістю із високим ступенем впливу на робочу суміш, що в кінцевому результаті приведе до одержання продукту оптимальної консистенції та активності бродіння.



**УДК 621.7.043**

**Б.Р. Парастюк**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**РОЗРАХУНОК КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ПАЗОВОЇ ПЕРЕМИЧКИ  
ДЛЯ НАВИВАННЯ НЕПЕРЕРВНО-СЕКЦІЙНОЇ ГВИНТОВОЇ ЗАГОТОВКИ**

**B.R. Parastuk**

**CALCULATION OF CONSTRUCTION PARAMETERS OF THE PASSENGER  
BREAKER FOR SURVIVAL OF ULTRASONIC SECTOR SCREW PURCHASE**

Аналіз технології холодного навивання спіралей свідчить, що недостатньо уваги приділено розробленню наукових основ формоутворення деталей з гвинтовими елементами зі зведеною висотою більше 10, що дало б можливість розширити гамму деталей, виготовлених методом навивання, і збільшити продуктивність механізмів з використанням таких деталей.

Одним із методів збільшення зведеної висоти гвинтової спіралі, виготовленої методом навивання, є використання в якості початкової заготовки стрічки з вирізаними пазами по внутрішній крайці неперервно-секційної гвинтової заготовки (НСГЗ). Для розроблення операції виготовлення гнутих НСГЗ методом згинання пазової перемички, зокрема проектування технологічного оснащення, необхідно здійснити розрахунок конструктивних параметрів.

Для розроблення операції, зокрема проектування технологічного оснащення, виготовлення гнутих НСГЗ методом згинання пазової перемички необхідно здійснити розрахунок конструктивних параметрів. Пазова перемичка після пружинення на розгортці плоского витка характеризується шириною  $B_n$ , радіусом  $\rho_{on}$ , нейтральної лінії та центральним кутом  $\alpha_n$  зігнутої ділянки, довжинами  $l$  прямолінійних ділянок та радіальним параметром  $R_s$  спряження прямолінійної ділянки із кільцевою секторною пластиною. Параметр  $R_s$  визначений відносно центру  $O$  розгортки витка ГЗ ( $R_n \leq R_s \leq R_h$ ).

Із рис. 1 бачимо, що  $AD = 2\rho_{on} \sin \frac{\alpha_n}{2} + 2l \cos \frac{\alpha_n}{2}$

$$\varphi_n = 2 \arcsin \left( \frac{l \cos \frac{\alpha_n}{2} + \rho_{on} \sin \frac{\alpha_n}{2}}{R_s} \right). \quad (1)$$

Величину центрального кута  $\psi_c$  кільцевого сектора НСЗ при кількості пазових перемичок  $m_{nep}$  та кількості  $m_{nл}$  кільцевих секторних пластин, розміщених в межах центрального кута  $\omega$  розгортки одного витка визначають за формулою:

для  $m_{nep} = m_{nл} = m$

$$\psi_c = \frac{\omega}{m} - \varphi_n, \quad (2)$$

для  $m_{nep} \neq m_{nл}$ ;  $m_{nл} > m_{nep}$ ;  $m_{nл} = m_{nep} + 1$ .

$$\psi_c = \frac{\omega - \varphi_n m_{nep}}{m_{nep} + 1}, \quad (3)$$

де  $\omega = \frac{L-l}{B}$ ;  $L$  і  $l$  – довжини гвинтових ліній огинаючої зовнішньої та внутрішньої крайок ГЗ на довжині одного кроку  $T$ .

Залежності (1), (2) і (3) визначають взаємозв'язок між параметрами пазової перемички і кільцевих секторних пластин неперервно-секційної заготовки.

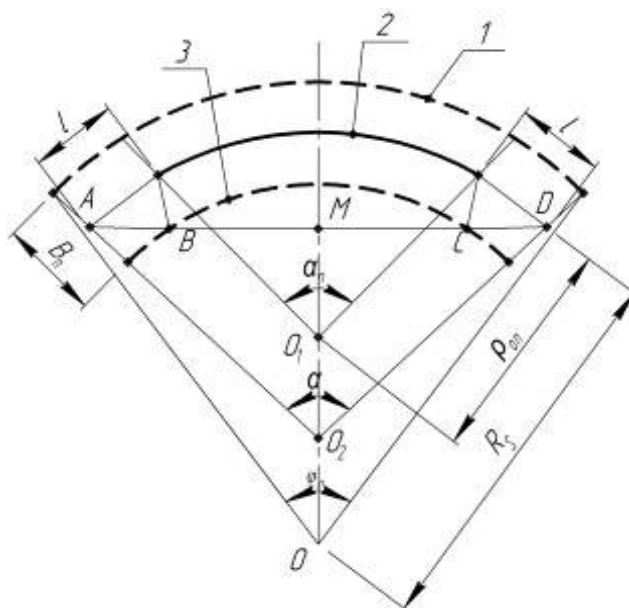


Рисунок 1. Розрахункова схема пазової перемички неперервно-секційної ГЗ:

1 – зовнішня крайка перемички; 2 – нейтральна лінія; 3 – внутрішня крайка перемички

Необхідну ширину смугової заготовки, з якої вирізають неперервно-секційну заготовку можна визначити за формулою:

$$L_{n.з.} = B_0 + R_n \sqrt{1 - 2 \cos 0,5\psi_c + \cos^2 0,5\psi_c} + \delta_h + \delta_n \quad (4)$$

де  $B_0$  – ширина витка ГЗ;  $R_n$  – радіус кривини внутрішньої крайки кільцевої секторної пластини;  $\delta_h = \delta_n$  - напуски від крайок секторних пластин.

Довжину пазової перемички визначають за формулою:

$$L_{пер} = 2l + 0,017\alpha_n (\rho_{on} + B_n (x - 0,5)), \quad (5)$$

де  $B_n$  – ширина пазової перемички.

Радіус пуансона (внутрішній радіус згину до пружинення), необхідного для згину пазової перемички визначають на основі використання формули С. К. Абрамова

$$R_n = \rho_{oin} - 0,5B_n = \frac{\rho_{on}}{1 + 3k} - 0,5B_n \quad (6)$$

де  $\rho_{oin}$  – радіус інструменту (пуансона), який визначений відносно нейтральної лінії зігнутої пазової перемички;  $k$  – коефіцієнт, значення якого залежить від властивостей матеріалу і параметрів згину:

$$k = \frac{\sigma_s \rho_{on}}{EB_n} \xi \quad (7)$$

де  $\sigma_s$  і  $E$  – відповідно границя текучості і модуль пружності матеріалу;  $\xi$  - коефіцієнт, який враховує умови згину пазової перемички. Центральний кут  $\alpha_{in}$  робочої поверхні пуансона визначають так:

$$\alpha_{in} = \alpha_n - 3k(180 - \alpha_n). \quad (8)$$

### Література

1. Гевко, Б.М. Технологічні основи формотворення різнопрофільних гвинтових заготовок / Б.М. Гевко, М.І. Пилипець, В.В. Васильків, Д.Л. Радик. - Тернопіль: Вид-во ТДТУ ім. І. Пулюя, 2009. - 457 с.

УДК 725-4

В.А Пелих

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## АНАЛІЗ ТЕПЛОІЗОЛЮЮЧИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ «ПРОЕКТ 5-ПОВЕРХОВОГО ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ В ТЕРНОПІЛІ З ДОСЛІДЖЕННЯМ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ»

V.A Pelykh

### ANALYSIS OF HEAT INSULATING MATERIALS FOR "A PROJECT OF 5-STOREY RESIDENTIAL BUILDING IN TERNOPIL WITH INSULATION RESEARCH"

Мета роботи – визначення оптимальної товщини утеплювача для цегляної стіни товщиною 510 мм для I кліматичного району України та встановлення «точки роси» в залежності від типу утеплювача..

Теплотехнічний розрахунок стіни виконували за формулою(1):

$$R_o = 1/\alpha_B + \delta_1/\lambda_1 + \delta_2/\lambda_2 + \delta_3/\lambda_3 + 1/\alpha_H \quad (1)$$

Опір теплопередачі огорожуючої конструкції  $R_o$  будівлі вибираємо найбільшим між потрібним опором теплопередачі  $R_o^{пот}$  та нормативним значенням опору теплопередачі

$R_{норм}$  для відповідної температурної зони України для міста проектування за завданням:

$$R_o \geq R_o^{ном}, R_{норм}.$$

Розподіл температури всередині стіни наведено на рис.1.

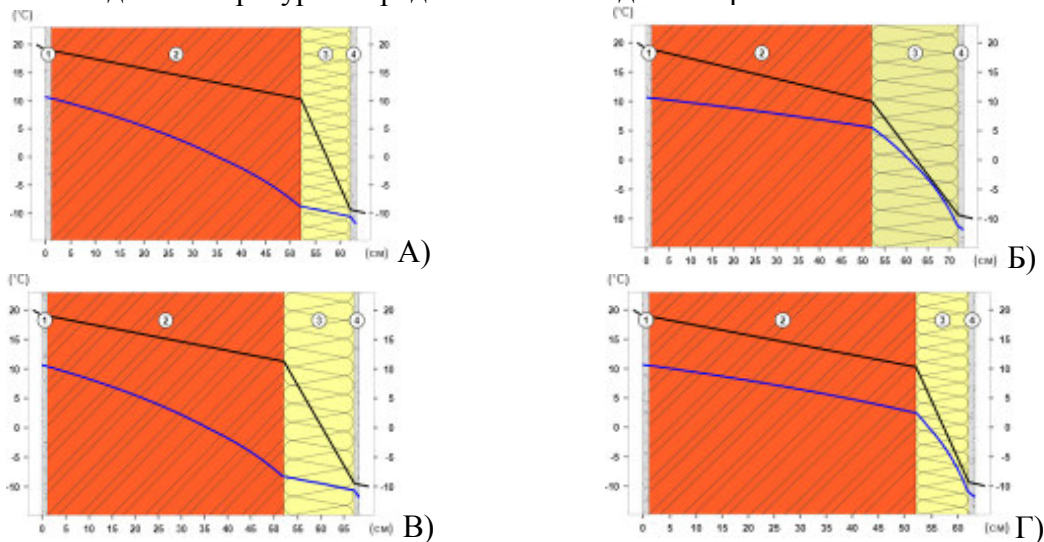


Рисунок 1. Розподіл температури в стіні за наявності утеплювача а)мінвата  $\delta=100$ мм,

б)піноскло  $\delta=150$ мм, в) скловата  $\delta=150$ мм г) пінополістирол  $\delta=100$ мм.

Для досягнення нормативного показника опору теплопередачі конструкцій оптимальним з огляду на товщину шару утеплювача буде використання пінополістиролу або мінеральної вати. Використання піноскла чи скловати потребує потовщення теплоізолюючого шару конструкції.

#### Література

1. ДБН В.2.6-31-2016: Теплова ізоляція будівель. – К.: Мінрегіонбуд України, 2016. – 31 с.

2. ДСТУ-Н Б В.1.1 – 27:2010: Будівельна кліматологія. – К.: Мінбуд України, 2010. – 128 с.

**УДК 621. 91. 04**

**І.Р. Петречко**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**ДО ПИТАННЯ ПРО ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТНИХ ПЛОЩИН І  
ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТОКАРНИХ РІЗЦІВ НА ОСНОВІ  
ПОЛОЖЕНЬ НАРИСНОЇ ТА АНАЛІТИЧНОЇ ГЕОМЕТРІЇ**

**I.R. Petrechko**

**ON THE PROBLEM OF DETERMINATION OF THE COORDINATE PLANES AND  
GEOMETRIC PARAMETERS OF TURNING TOOLS BASING ON THE  
REGULATIONS OF THE DESCRIPTIVE AND ANALYTICAL GEOMETRY**

Визначено [5] важливість, при здійсненні процесу різання, забезпечення оптимальних величин геометричних параметрів ріжучої частини токарних різців (ГПРЧ ТР).

Проаналізовано позначення ГПРЧ ТР у американській, англійській, німецькій [1] російській [2] і українській [3] системах геометрії токарних різців.

Відзначено, що цілий ряд визначень координатних площин [2,3] подано без врахування положень нарисної геометрії. Так наприклад, основна площина за [2,3] визначається, «...як координатна площина, проведена через задану точку різальної кромки перпендикулярно до напрямку головного або результуючого руху різання у цій точці». Таке визначення основної площини є неоднозначним. З такого визначення виходить, що можуть бути дві площини.

Більше того, саме твердження (див. примітку [2 с. 11]), що «...напрямок швидкості головного руху різання для токарних різців приймається перпендикулярно до конструкторської установочної бази різця є теж неоднозначним і необґрунтованим. В цьому випадку [2,3] відзначаючи, що основна площина  $P_y$  проведена через задану точку нічого не сказано про векторі швидкості різання у цій точці. А при використанні різців з  $\lambda \neq 0$  в кожній точці ділянки різальної кромки і не завжди перпендикулярна до конструкторської установочної бази, що контактує з поверхнею різання вектор швидкості різання буде мати свій напрям. Тоді виходить, що основна площина не одна і кожна з них що проведена через задану точку різальної кромки має своє положення у просторі.

Підкреслено, що у діючих стандартах, ДСТУ 2249-931; ГОСТ 25762-83; ISO 3002 і DIN 6581 невірно трактується поняття «кут», як геометрична фігура, що створена між двома площинами. Наприклад, кут в плані  $\varphi$  [2, 3] це кут «...кут в основній площині між площиною різання і робочою площиною» або задній кут  $\alpha$  – це «...кут у січній площині між задньою поверхнею леза та площиною різання» і так для всіх ГПРЧ ТР.

У той же час визначення поняття «кут» подано в [6,7], як геометрична фігура утворена двома променями (сторонами кута), що виходить із однієї точки (вершини кута).

Поняття, «кут» подані у [2, 3] відносяться до двогранного кута, як фігури утвореної двома півплощинами (гранями), що виходять із спільної прямої (ребра), а також частина простору між ними. Двогранний кут (ДК) вимірюється лінійним кутом, тобто кутом при якому ДК перетинає площина перпендикулярна до ребра, який створений слідами граней у цій площині, тобто між двома прямими.

Наприклад, згідно з [2, 3] задній кут  $\alpha$  – «... кут в січній площині задньою поверхнею леза та площиною різання». Правильне визначення кута  $\alpha$  – це кут між слідом задньої поверхні і слідом площини різання у січній площині. Таке визначення

більш актуальне, коли площина різання і задня поверхні неплоскі. У такому випадку головний задній кут це кут між дотичною до сліду задньої поверхні поставленого у задану точку різальної кромки поставленого у цій же точці у січній площині.

Діючі стандарти подають координатні площини і поверхні ріжучої частини різців подають як плоскі. Це у багатьох випадках не відповідає дійсності. Наприклад, у токарних різців, які спорядженні конусоподібними твердосплавними пластинами, передня і задня поверхні утворюють собою не плоскі, а конічні поверхні.

Показано, що у [4] подано різці з неплоскими передньою і задньою поверхнями і непрямолінійною головною різальною кромкою, які у де-кілька разів мають більшу стійкість ніж у прямолінійних. В цьому випадку визначення координатних площин і ГПРЧ ТР подані [2,3] не мають смислу.

Запропоновано подавати визначення координатних площин і ГПРЧ ТР на основі положень нарисної і аналітичної геометрії. Для прикладу, основна площина –  $P_y$  – площина задана векторами повздовжньої і поперечної подач; площина різання –  $P_n$  – площина задана суцільним спектром векторів швидкості різання в кожній точці контакту різальної кромки з поверхнею різання. Слід зауважити, що у запропонованому визначенні основної площини, яка завжди збігатиметься з конструкторською і установочною базами – це площина завжди буде плоскою.

Площина різання, у нашому визначенні може бути не плоскою, у випадку, у випадку, коли як різальний елемент використовують конусоподібну твердосплавну пластину з строго горизонтальним розміщенням ( $\lambda = 0$ )ю Тоді площина різання являтиме циліндричну поверхню.

Нормальний передній кут –  $\gamma_n$  коли координатні площини плоскі, це – кут між слідом передньої поверхні поставленим у задану точку різального леза і слідом площини перпендикулярної до площини різання, проведеної через різальне лезо який проведений через цю же точку у нормальній січній площині що проходить через задану точку.

На основі теоретичних положень аналітичної геометрії отримані залежності, які описують координатні площини і геометричні параметри токарних різців.

### **Література**

1. Армарего И. Дж. Обработка материалов резанием / И. Дж. Армарего Перевод с английского В. А. Пастухова. – М.: Машиностроение, 1977. – 325 с.
2. Обработка резанием. Термины, определения обозначение общих понятий : – [Действительный с 01–07–84]. – Москва : Государственный комитет СССР по стандартах, – 1985. – 45 с.
3. Оброблення різанням. Терміни, визначення, та позначення : ДСТУ 2249-83 – [Чинний від 01–01–95]. – Київ : Держспоживстандарт України, 1993. – 45 с.
4. Кошарновський В. П. Проблеми розвитку науки про різання металів / В. П. Кошарновський. – Харків, : Видавництво ДХУ, 1967. – 204 с.
5. Резания металлов / Г. И. Грановський, П. П. Грудов, В. А. Кривоулов и др. – Москва : Машгиз, 1954. – 474 с.
6. Советский энциклопедический словарь Гл. ред. А. М. Прохоров : редкол : А. А. Гусев и др. – Изд. 4-е Москва : Советская Энциклопедия , 1987. – 1000 с.
7. Українська радянська енциклопедія В 12-ч т. Т. 6. / Головна редакція української радянської енциклопедії : Видання 2-е – Київ, 1981. – 552 с.

**УДК 621.923**

**М.І. Пилипець, докт. техн. наук, проф., В.І. Гелетюк**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПЛОСКОГО ШЛІФУВАННЯ**

**M.I. Pylypets, Dr., Prof., V.I. Geletiuk**

### **THE RESEARCH OF FLAT GRINDING PROCESS**

Процес плоского шліфування є одним із основних фінішних процесів оброблення поверхонь деталей машин у різних галузях машинобудування, тому надзвичайно важливо вивчати цей процес і розвивати методи, які дозволяють підвищити його економічну ефективність та знизити ймовірність виникнення браку. Серед таких методів є використання переривчастих шліфувальних кругів, зокрема кругів, на циліндричній зовнішній поверхні яких сформовану гвинтову канавку.

Як показали попередні дослідження, використання шліфувальних кругів із гвинтовими канавками дозволяє знизити радіальні і тангенціальні сили шліфування, знизити ймовірність руйнування шліфувальних кругів та припалювання поверхонь оброблюваних деталей, оскільки при цьому знижується кількість витраченої енергії на одиницю об'єму зрізаного металу. Більша частина цієї енергії створює тепловий потік, який передається поверхні оброблюваної деталі, що призводить до локального зростання температури шліфування.

Дослідження проведено на плоскошліфувальному верстаті із закріпленням плоскої заготовки на магнітній плиті. Потужність шліфування заміряли частотним перетворювачем, а сили шліфування – електронним трьохкомпонентним динамометром. Шорсткість обробленої поверхні визначали за допомогою профілографа-профілометра. Матеріал оброблюваної заготовки сталь 45. Також проводились візуальні спостереження на виявлення руйнування абразивного інструменту. Швидкість шліфування змінювали в межах від 15 до 25 м/с, подача заготовки знаходилась в діапазоні від 1,5 до 2,0 мм/с, глибина різання – від 0,5 до 4 мм. При цьому експерименти проводили для звичайних шліфувальних кругів та кругів, на циліндричній зовнішній поверхні яких сформовану гвинтову канавку. Перед проведенням експерименту шліфувальні круги піддавались правленню алмазним інструментом. В результаті експериментальних досліджень встановлено, що збільшення подачі та глибини різання призводить до збільшення потужності на приводі шліфувального круга. При цьому максимально допустима глибина різання для звичайного шліфувального круга складала 1,7 мм, оскільки при такій глибині різання і більшій відбувається термічне пошкодження обробленої поверхні. При використанні шліфувальних кругів, на циліндричній зовнішній поверхні яких сформовану гвинтову канавку допустима глибина різання складала 3,5 мм. Також застосування таких шліфувальних кругів дозволяє знизити потужність на приводі шліфувального круга до 40% порівняно із звичайним плоским шліфуванням та значно підвищити продуктивність процесу, оскільки обробка поверхні можлива при верхніх діапазонах змінних параметрів режимів різання. Схожа тенденція спостерігалась при вимірюванні тангенціальної та радіальної сил різання. Це можна пояснити тим, що застосування шліфувальних кругів, на циліндричній зовнішній поверхні яких сформовану гвинтову канавку дозволяє збільшити потік мастильно-охолоджуючого технологічного середовища безпосередньо в зону різання, а також при цьому збільшується кількість активних ріжучих зерен на поверхні круга, внаслідок чого спостерігалось збільшення товщини зрізаної стружки.

УДК 621.91

І.І. Піщур, В.О. Зубрицький

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ІНСТРУМЕНТУ ПРИБРОБЦІ МАЛОЖОРСТКИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ ДЕТАЛЕЙ

I.I. Pitsur, V.O. Zubrytskyi

### RESEARCH OF OPERATING CHARACTERISTICS OF THE TOOL FOR PROCESSING OF SMALL-SOURCES CYLINDER PARTS

Процес токарної обробки маложорстких циліндричних деталей є дуже складним та важким, а результат його визначається багатьма параметрами. Нерівномірність фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу, структурні зміни зрізувального шару металу в процесі точіння через сильне деформування і нагрів, безперервна зміна геометрії різальної кромки, різні фізико-хімічні ефекти, що появляються і зникають в процесі різання і інші візуально непомітні фактори значно впливають на стійкість різального інструменту.

Нестабільність матеріалу різального інструменту, термічної обробки і заточування інструменту, його неконтрольовані параметри (мікрогеометрія різальної крайки, радіус заокруглення) – все це впливає на продуктивність. Тому вивчення і дослідження стійкості інструменту методом однофакторного аналізу є затрудненим, оскільки важко стабілізувати незалежні змінні величини і по черзі змінювати деякі з них, щоб встановити певні закономірності. Практично ці закономірності можна виявити емпірично, одночасно змінюючи декілька змінних, щоб скоротити час і витрати для експерименту. Для дослідження цього процесу використано метод оптимального планування, що адаптований до технології машинобудування.

Так, зміна стійкості інструменту  $T$  залежно від швидкості різання  $V$ , подачі  $S$  і глибини різання  $t$  описується математичною залежністю:  $T^m = C v s^p t^q$ , де  $T$  – залежна і  $V, s, t$  – незалежні змінні процесу різання. В логарифмічному вигляді рівняння набуде вигляду:  $\ln T = \frac{\ln C}{m} + \frac{\ln V}{m} + \frac{P}{m} \ln S + \frac{q}{m} \ln t$ . Після проведення математичного планування багатфакторного експерименту та обробки експериментальних даних отримаємо цільову функцію в кодованих значеннях:  $\ln T \approx 3,66 - 0,96x_1 - 0,16x_2 - 0,19x_3$ , а після перетворення  $T = e^{11,24} / V^{1,67} S^{0,46} t^{0,35}$ , хв.

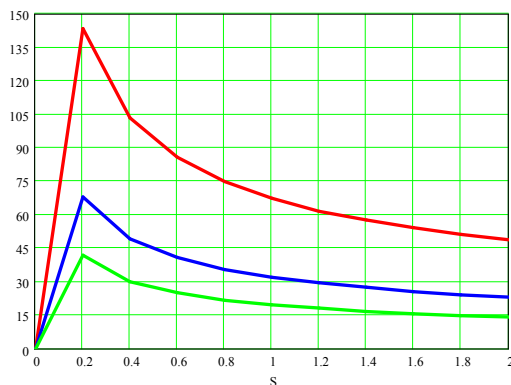


Рисунок 1. Графік залежності стійкості інструменту від подачі

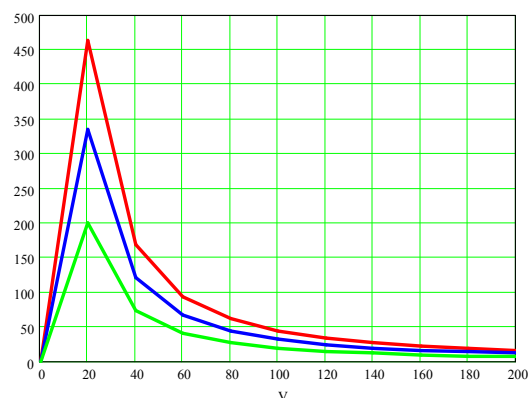


Рисунок 2. Графік залежності стійкості інструменту від швидкості різання

**УДК 53.082.64**

**Б.О. Похила**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИЙ КОМПЛЕКС СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТЕМПЕРАТУРИ З ІНДИКАТОРОМ ПЕРЕВИЩЕННЯ РІВНЯ**

**B.O. Pokhyla**

### **INFORMATION-MEASURING SYSTEM COMPLEX OF TEMPERATURE WITH LEVEL OVERSHOOT INDICATOR**

Причина значної частини несправностей побутової електронної апаратури - неоптимальний тепловий режим роботи її компонентів, що приводить до їх прискореної деградації і подальшого виходу з ладу. Розроблений комплекс, призначений для контролю робочої температури компонентів налагоджуваних або відремонтованих пристроїв в період їх випробувань, але може бути на постійно вбудовано в апарат [1].

Сьогодні існує безліч пристроїв для вимірювання температури, але вони не зовсім забезпечують вимоги користувачів та їх ціна є високою. Запропонований комплекс не тільки вимірює температуру, а і сигналізує про перевищення заданої користувачем величини у трьох точках. Для більш надійного використання комплексу вищеописані функції реалізуються незалежно, тобто при виході з ладу одного з елементів система в цілому буде працювати, що дасть змогу використовувати прилад для подальшої роботи. Недоліками існуючих приладів є неспроможність забезпечити вимірювання температури в декількох точках та сигналізації при перевищенні незалежно одне від одного. Спроектований прилад містить дві незалежні ланки для вимірювання та сигналізації. У проєктованій системі основним датчиком є терморезистори ММТ-4а, вартість яких є значно меншою за аналогічні, також це дасть змогу забезпечити більш надійну роботу приладу, оскільки даний тип елементів не є цифровим, а отже імовірність відмов значно нижча.

Прилад вмикається до джерела живлення через стабілізатор напруги, що забезпечує роботу приладу без збоїв. Для вимірювання служить термодатчик, який підключений до контролера. Контролер в свою чергу обробляє дані які надходять із датчиків та виводить на семисегментний індикатор, що дасть змогу користувачеві в режимі реального часу бачити її. Контроль здійснюється в декількох точках одночасно.

Паралельно до контролера дані з термодатчиків надходять до компаратора, який виконує функцію сигналізації. Сигналізацію виконано за допомогою світлодіодних індикаторів та динаміка, що дасть змогу не тільки побачити, але і почути коли рівень температури перевищив заданий користувачем рівень.

У проєктованій системі використовуються лише доступні та дешеві компоненти, що дасть змогу не тільки значно здешевити виготовлення готового виробу, але й зменшити затрати на ремонт [2]. Прилад може бути корисним при розробці або ремонті таких пристроїв, як імпульсні джерела живлення, стабілізатори напруги, підсилювачі потужності ЗЧ і т. п.

#### **Література**

1 Бутов А. Трёхканальный сигнализатор повышенной температуры. - Радио, 2014, № 7, с. 38, 39.

2 Справочно-информационный ресурс «Электрика и электроника» [Электронный ресурс].- Режим доступа: URL: <http://eltechbook.ru/>



**УДК 621.753.5**

**Дзюра В.О., канд. техн. наук, доц., А.Й. Матвіїшин, канд. техн. наук, доц.,  
О.Ю. Радзіховський**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**ІНСТРУМЕНТ ДЛЯ ВІБРАЦІЙНОГО ОБКОЧУВАННЯ ВНУТРІШНІХ  
ЦИЛІНДРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ І МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ЙОГО  
КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ**

**V.O. Dzyura, Ph.D., Assoc. Prof., A.Y. Matviishun, Ph.D., Assoc. Prof.,  
O.Y. Radzihovsky**

**INSTRUMENT FOR INNER CYLINDER SURFACES VIBRATING ROLLING  
AND ITS STRUCTURAL PARAMETERS DETERMINATION TECHNIQUE**

Одним із методів підвищення якості внутрішніх циліндричних поверхонь є поверхневе зміцнення шляхом формування. Забезпечення зміцнення внутрішніх циліндричних поверхонь реалізується поверхневим пластичним деформуванням (ППД) з використанням спеціальних інструментів [1, 2]. Разом з тим у літературі [1, 3, 4] недостатньо висвітлено методи розрахунку конструктивних параметрів інструментів для обробки ППД. Інструмент для формування регулярного мікрорельєфу віброобкочуванням на внутрішніх циліндричних поверхнях складається з корпусу 1 виконаного у вигляді пустотілого ступінчастого циліндра, у нижній частині якого у його стінках виконані, три рівномірно розміщені по колу наскрізні циліндричні отвори 2, 3, 4, у яких розміщені деформуючі елементи - кульки 5, 6, 7, положення яких зафіксовано з одного боку сепаратором 8, а з другого боку конічною поверхнею гостровершинного конуса 9 виконаного на нижній частині осерухомого циліндричного штока 10. Сепаратор 8 у середній частині зовнішньої циліндричної поверхні корпусу 1 закріплений від повороту при допомозі двох діаметрально протилежних виступів 11, які спряжені з наскрізними пазами 12, виконаними на ободі 13 корпусу 1 і зафіксовані гайкою 14 і контргайкою 15.

Осерухомий циліндричний шток 10 з гостровершинним конусом 9 розміщений у ступені більшого діаметра отвору 16 корпусу 1 підпружинений вниз пружиною стиску 17, довжина якої у стиснутому стані обмежена планкою 18 пропущеною через вікна 19 і 20 виконані симетрично повздовжньої осі корпусу у стінці верхньої частини корпусу 1. У центрі планки 18 виконаний наскрізний центральний отвір 21. Через наскрізний центральний отвір 21 і пружину стиску 17 вільно пропущений гвинт 22, який своєю нижньою частиною загвинчений у різевий отвір 23 осерухомого циліндричного штока 10.

Виступаючи з вікон 19 і 20 кінці 24 і 25 планки 18 обперті на верхню спеціальну гайку 26 спряжену із зовнішньою різевою поверхнею 27, розміщену у верхній частині зовнішньої циліндричної поверхні корпусу 1 і ця верхня спеціальна гайка 26 зафіксована контргайкою 28. Над ободом 13 розміщені нижня регулювальна гайка 29 і фіксуюча її контргайка 30, які спряжені із зовнішньою різевою поверхнею 27 корпусу 1. Під ободом 13 корпусу 1 у стінках сепаратора, корпусу 1 та у нижній частині осерухомого циліндричного штока 10 виконані наскрізні співвісні отвори 31, 32 і 33.

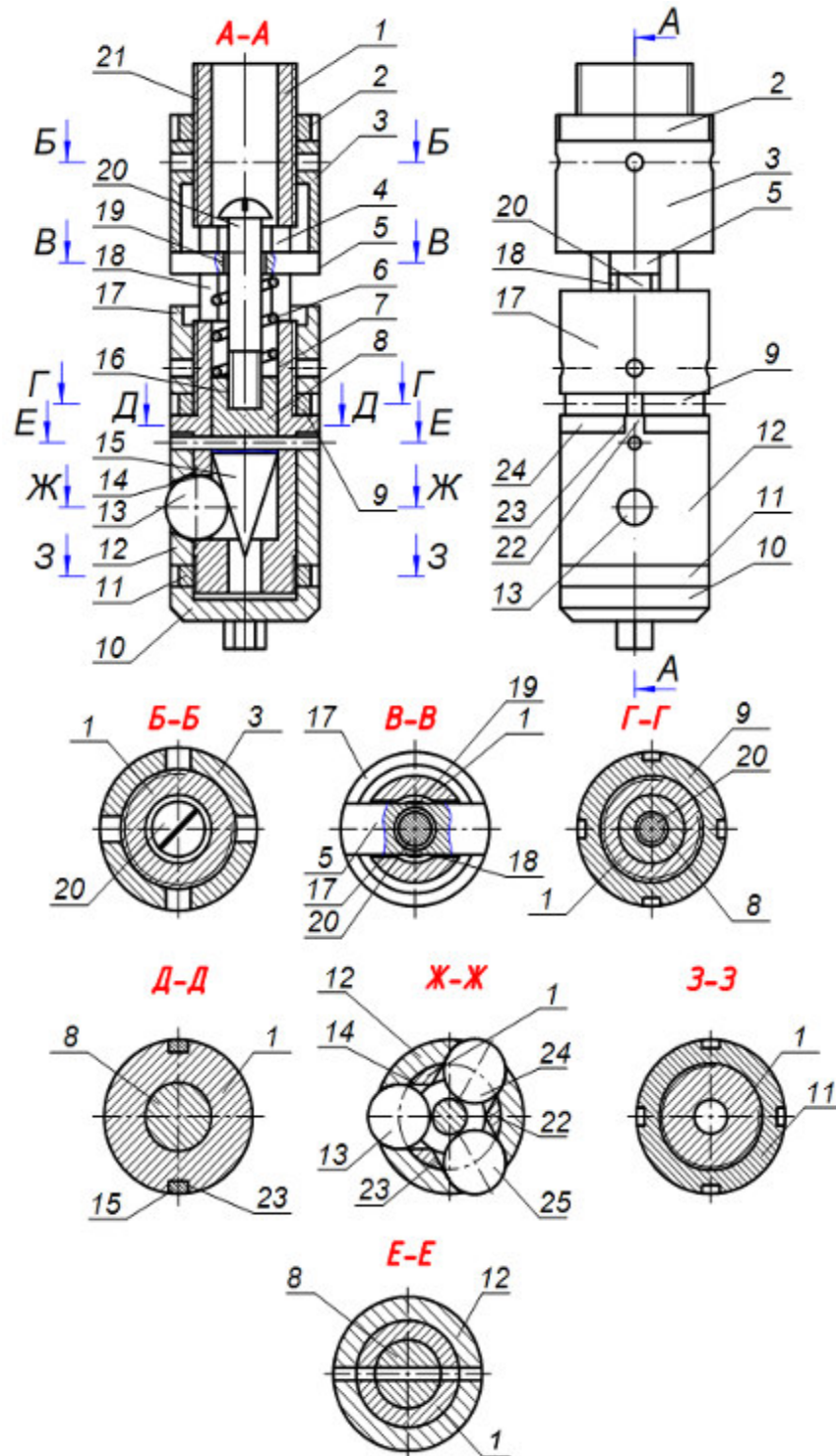


Рисунок 1. Інструмент для формування регулярного мікрорельєфу віброобточуванням

#### Література

1. Шнейдер Ю.Г. Эксплуатационные свойства деталей с регулярным микрорельефом. – 2-е изд., перераб. и доп. [Текст] / Ю.Г. Шнейдер. – Л. : Машиностроение, 1982. – 248 с.
2. Проскуряков Ю.Г. Чистовая обработка деталей пластическим деформированием [Текст] / Ю. Г. Проскуряков, А. И. Осколков, Б. Г. Шаповалов [и др.]. - Барнаул : Алт. кн. изд-во, 1969. - 105 с.
3. Суслов А.Г. Технологическое обеспечение и повышение эксплуатационных свойств деталей машин обработкой пластическим деформированием / Приложение №8 к журналу «Справочник. Инженерный журнал» №8 – 2003.

УДК 621.8

О.Р. Рогатинська, канд. техн. наук, доц, Т.М. Пелешок, канд. техн. наук, Ю.С. Никеруй, М.В. Грубенюк

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### МОДЕЛЬ ПОШАРОВОГО РУХУ ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ НАСИПНОГО ВАНТАЖУ ГВИНТОВИМ КОНВЕЄРОМ

O.R. Rogatynska, Ph.D, Assoc. Prof., T.V. Peleshok, Ph.D., Yu.S. Nykeruy, M.V. Hrubenyuk

### MODEL OF LAYERED MOVEMENT DURING BULK CARGO TRANSPORTATION BY SCREW CONVEYOR

При транспортуванні сипких вантажів гвинтовим конвеєром (ГК) важливо оцінити вплив нерухомого кожуха та обертового гвинтового органу на перерозподіл швидкостей вантажу по січенню потоку. Для цього розглянемо модель руху вантажу з рівномірними шарами в умовах пошарового руху вантажу, рис., які не змінюють свого радіального розміщення, а окремі шари взаємодіють один із другим, як окремі об'єкти.

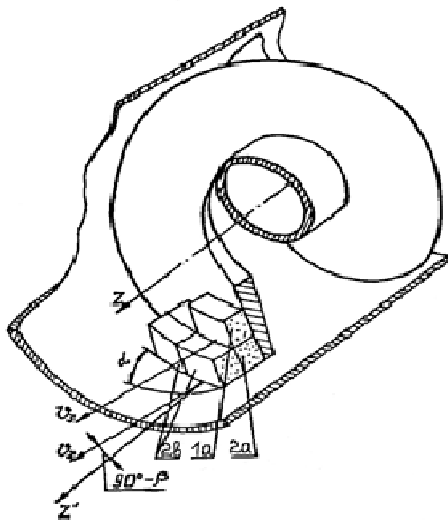


Рисунок 1. Розрахункова схема для пошарового руху вантажу при транспортуванні ГК.

Розглянемо рівномірний рух вантажу, що транспортується ГК з діаметром та кроком гвинта  $D$  та  $T$ , кутом підйому гвинта  $\alpha$  при якому кінематичні та динамічні параметри рівномірно розподілені по шару. Такі елементи шарів наділені властивостями матеріальної частинки, що дає змогу використати відомі підходи. Поверхню спіралі позначатимемо індексом  $s$ , а кожуха -  $k$ . Коефіцієнти тертя вантажу до поверхонь кожуха та гвинта позначатимемо  $\mu_k$  та  $\mu_s$ , а коефіцієнт внутрішнього тертя матеріалу -  $f$ . Використовуючи принцип Даламбера напишемо рівняння динаміки найбільш наближеного до валу елемента шару  $1a$  масою  $m_1$ , що контактує із спіраллю.

Оскільки границі шарів матеріалу розміщені паралельно до поверхонь спіралі та кожуха, то вектори нормальних складових взаємодії між шарами  $\bar{N}_{ia}$  направлені так же як і відповідні реакції спіралі  $N_s$  та кожуха,  $N_k$  а складові від тертя  $\bar{F}_{ia}$  - аналогічно  $F_s$  та  $F_k$  і визначаються взаємним переміщенням шарів. Вектори  $\bar{R}_{ia} = \bar{N}_{ia} + \bar{F}_{ia}$  від взаємодії сусідніх шарів направлені протилежно. Відповідно, в циліндричній системі координат  $O\rho\theta z$  сила взаємодії  $i$ -го шару із сусіднім шаром чи з поверхнею спіралі або кожуха матиме складові  $\bar{R}_{ia} = \alpha_{\rho ia} R_{ia} \bar{e}_\rho + \alpha_{\theta ia} R_{ia} \bar{e}_\theta + \alpha_{z ia} R_{ia} \bar{e}_z$ .

Рух шару  $1a$  по поверхні спіралі  $s$  та шару  $2a$  описували системою рівнянь:

$$\begin{aligned} \alpha_{\rho 1as} N_{1ak} - m_{1a} a_{\rho 1a} - m_{1a} g_\rho &= 0; \\ \alpha_{\theta 1a2} N_{1a2} + \alpha_{\theta 1ak} N_{1ak} - m_{1a} a_{\theta 1a} - m_{1a} g_\theta &= 0; \\ \alpha_{z 1a2} N_{1a2} + \alpha_{z 1ak} N_{1ak} - m_{1a} a_{z 1a} - m_{1a} g_z &= 0, \end{aligned} \quad (1)$$

де  $a_{\rho 1a}, a_{\rho 1a}, a_{\rho 1a}$  - складові прискорення шару.  
Тут  $\alpha_{iaj} = \alpha_{1a2} = \{\alpha_{\rho 1a2}; \alpha_{\theta 1a2}; \alpha_{z1a2}\} = \{0; \sin \alpha_a + f \cos \alpha_a; \cos \alpha_a - f \sin \alpha_a\}$ ;  
 $\alpha_{1as} = \{\alpha_{\rho 1as}; \alpha_{\theta 1ak}; \alpha_{z1as}\} = \{0; \sin \alpha + \mu_s \cos \alpha_1; \cos \alpha_1 - \mu_s \sin \alpha_1\}$ ;

Рух шару 2a по поверхні спіралі s та по шарам 1a та 3a (для тришарової моделі), із врахуванням дії шару 2b, що знаходиться над ним опишеться відповідно:

$$\begin{aligned} \alpha_{\rho 2ak} N_{2as} + \alpha_{\rho 2ab} N_{2ab} - m_{2a} a_{\rho 2a} - m_{2a} g_{\rho} &= 0; \\ \alpha_{\theta 2a1} N_{2a1} + \alpha_{\theta 2a3} N_{2a3} + \alpha_{\theta 2ak} N_{2ak} + \alpha_{\theta 2ab} N_{2ab} - m_{2a} a_{\theta 2a} - m_{2a} g_{\theta} &= 0; \\ \alpha_{z2a1} N_{2a1} + \alpha_{z2a3} N_{2a3} + \alpha_{z2ak} N_{2ak} + \alpha_{z2ab} N_{2ab} - m_{2a} a_{z2a} - m_{2a} g_z &= 0 \end{aligned} \quad (2)$$

Рух шару 2b по поверхнях шару 2a та шару 3b, відповідно

$$\begin{aligned} \alpha_{\rho 2ba} N_{2ba} - m_{2b} a_{\rho 2b} - m_{2b} g_{\rho} &= 0; \\ \alpha_{\theta 2b3} N_{2b3} + \alpha_{\theta 2ba} N_{2ba} - m_{2b} a_{\theta 2b} - m_{2b} g_{\theta} &= 0; \\ \alpha_{z2b3} N_{2b3} + \alpha_{z2ba} N_{2ba} - m_{2b} a_{z2b} - m_{2b} g_z &= 0. \end{aligned} \quad (3)$$

Аналогічні рівняння склалися для руху шарів, 3b, 3c по поверхнях кожуху k та сусідніх шарів, а для шару 3a також по поверхні спіралі s. Направляючі косинуси сили взаємодії шарів з кожухом:  $\alpha_{1ak} = \{\alpha_{\rho 1ak}; \alpha_{\theta 1ak}; \alpha_{z1ak}\} = \{1; -\mu_2 \cos \beta_1; -\mu_2 \sin \beta_1\}$ .

Просумувавши складові рівнянь кожного із шарів, отримали сумісне рівняння руху потоку:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^3 \alpha_{\rho iak} N_{iak} + \sum_{i=1}^3 \sum_{j=a}^i m_{ij} \rho_{ij} \ddot{\theta}_{ij}^2 - mg_{\rho} &= 0; \\ \sum_{j=a}^c \alpha_{\theta 1js} N_{1js} + \sum_{i=1}^3 \alpha_{\theta iak} N_{iak} - \sum_{i=1}^3 \sum_{j=a}^i m_{ij} \rho_{ij} \ddot{\theta}_{ij} &= 0; \\ \sum_{j=a}^c \alpha_{z1js} N_{1js} + \sum_{i=1}^3 \alpha_{ziak} N_{iak} - \sum_{i=1}^3 \sum_{j=a}^i m_{ij} c_{ij} \ddot{\theta}_{ij} - mg_z &= 0; \end{aligned} \quad (4)$$

$$\text{де } N_s = \sum_{j=a}^c N_{1js}; N_k = \sum_{i=1}^3 N_{iak}; \alpha_{\rho s} = 0; \alpha_{zs} = \frac{\sum_{j=a}^c [N_{1js} \cos(\alpha_j + \varphi_s)]}{\sqrt{1 + \mu_s^2 \sum_{j=a}^c N_{1js}}}; \alpha_{\rho k} = 1;$$

$$\alpha_{\theta k} = \frac{\sum_{i=1}^3 (-\mu_k N_{iak} \cos \beta_{ia})}{\sum_{i=1}^3 N_{ias}}; \alpha_{zk} = \frac{\sum_{i=1}^3 (-\mu_k N_{iak} \sin \beta_{ia})}{\sum_{i=1}^3 N_{ias}}.$$

Аналіз системи (4) показує, що модель пошарового руху можна привести до моделі одного шару з приведеними параметрами, який контактує безпосередньо з гвинтом та кожухом. Для випадку швидкохідного вертикального конвеєра, потік якого характеризується постійною кутовою швидкістю кожної частинки (відсутністю переміщень між шарами):  $a_{\theta} = 0$ ;  $a_z = 0$ ;  $g_{\rho} = 0$ ;  $g_{\theta}$ ;  $g_z = g \sin \gamma$ ;  $a_{\rho s} = \rho_c \omega_{\Pi}^2$ , де

$$\rho_c = \left( \sum_{i=1}^3 \sum_{j=a}^i m_{ij} \rho_{ij} \right) / m.$$

Приведена модель дозволяє виявити особливості руху потоку вантажу при транспортуванні його ГК та використовувати відомі залежності, виведені для випадку транспортування матеріальної частинки, із введенням поправочних коефіцієнтів, які обчислюються аналітично.

**УДК 621.983**

**Д.Л. Радик, канд. техн. наук, доц., Б.Р. Парастюк**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СПАДКОВОСТІ В ПРОЦЕСАХ ДЕФОРМУВАННЯ ЛИСТОВИХ ЗАГОТОВОК**

**D.L. Radyk, Ph.D., Assoc. Prof., B.R. Parastyuk**

### **RESEARCH OF THE INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL HEREDITY IN THE PROCESSES OF DEFORMATION OF SHEET BLANKS**

Процес формоутворення складних деталей з листових заготовок є, як правило, багатоперехідним. Тому в процесі їх виготовлення змінюються властивості матеріалу заготовки, а отримання відповідних експлуатаційних характеристик деталей визначається технологічною спадковістю. Технологічною спадковістю вважається явище перенесення властивостей заготовки, які сформувалися на попередніх операціях, на наступні операції в процесі виготовлення деталі. Прояв технологічної спадковості може привести як до поліпшення, так і до погіршення експлуатаційних характеристик деталі. Типовою операцією, яка зменшує або виключає передачу спадкових властивостей, є термічне оброблення.

Відомо, що носіями спадкової інформації є матеріал заготовки, а його властивості визначаються наявністю в металі переважаючих кристалографічних орієнтувань. Тому отримання в листі необхідних для формоутворення набору показників анізотропії залежить від параметрів текстури, отриманої під час деформації і термооброблення. Видозмінюючись, залежно від режимів цих процесів, текстура визначає рівень властивостей металу і характер анізотропії.

Необхідно також відзначити, що утворення текстури матеріалу пов'язане з дислокаційною структурою металу. Дислокаційні комплекси, що виникають в процесі деформації, створюють внутрішні напруження, які є рушійною силою структурних перетворень під час термічного оброблення. Подальша перебудова структури при нагріванні приводить до зростання зерен металу.

На практиці для виготовлення гвинтових деталей шляхом навивання, важливо, щоб листовий матеріал, який піддається холодному пластичному деформуванню, мав високий рівень технологічної деформованості. Це визначається здатністю листового матеріалу приймати складну форму деталі в процесі пластичної деформації без порушення цілісності та втрати стійкості при заданому рівні механічних властивостей і якості поверхні.

Однак, відсутність даних про технологічну спадковість та призначення режимів оброблення на базі довідкових даних навіть для добре відомих сплавів може призвести до появи великої кількості браку, що має місце при виготовленні деталей з подвійною кривизною. Було встановлено, що внаслідок значної нерівномірності деформації при формоутворенні деталей складної форми, ймовірність появи браку, пов'язаного з перевищенням допустимого витягування листової заготовки і допустимих розмірів зерен металу, збільшується. Відомо, що більшість експлуатаційних характеристик деталі залежать від рівня різнотовщинності та розмірів зерен металу. Допустимі витягування листової заготовки, призначені для навивних деталей в межах 20%, різко обмежують можливості процесів виготовлення деталей складних форм. Встановлено, що допустимі розміри зерен металу в межах 30...50 мкм забезпечують високі експлуатаційні характеристики.

Тому для практичних цілей важливо встановити не лише якісні, але й кількісні зв'язки технологічної спадковості. Для цього необхідно побудувати структурну модель багатofакторного технологічного процесу формоутворення листового матеріалу у разі взаємозв'язку декількох технологічних систем: наприклад, навивання, термооброблення і зварювання. Якщо проаналізувати загальну структурну модель, то частина вихідних параметрів попередньої системи є вхідними параметрами наступної системи, що наочно демонструє і підтверджує наявність технологічної спадковості. Для доцільного використання явища технологічної спадковості необхідно встановити безпосередні зв'язки між експлуатаційними характеристиками деталі та режимами технологічних процесів виготовлення деталі.

Аналіз теоретичних, практичних і експериментальних досліджень холодного деформування і наступного відпалу листового матеріалу показує, що їх структура та властивості визначаються не лише складом сплаву, ступенем деформації і температурою відпалу, а й взаємним впливом цих факторів. Іншими словами, характер формування текстури і пов'язана з нею анізотропія властивостей визначається внутрішньою енергією, величина якої характеризується сукупною дією енергії деформації та теплоти.

Повне уявлення про формування та розвитку анізотропії, як і інших властивостей листового матеріалу, можна отримати лише при вивченні спільного впливу на неї параметрів формоутворення і відпалу. В результаті можна сформувати в них різний ступінь анізотропії властивостей залежно від схеми подальшого деформування листової заготовки в деталь. Дослідження закономірностей формування анізотропії властивостей залежно від поєднання режимів навивання і термічного оброблення листів полягають в призначенні температури відпалу і часу витримки холоднокатаних листів відповідно до величини обтискання, отриманої матеріалом при холодному прокатуванні листів. Причому величина обтискання не повинна перевищувати критичних значень. В іншому випадку не можливо отримати сприятливі для формоутворення поєднання показників анізотропії при відпалі листів. Тому для процесу навивання необхідно застосовувати листові матеріали, отримані шляхом прокатування з високими ступенями обтискання.

Для представлення детермінованості технологічної системи деформування в листовій заготовці необхідних поєднань показників анізотропії не достатньо. На практиці здатність текстурованого металу до пластичного деформування є різко анізотропною. Особливо вплив анізотропії проявляється при стійкому зв'язку між витягуванням і показниками анізотропії. Тоді співвідношення між деформаціями можна змінити на користь тієї, збільшення якої призведе до підвищення допустимого витягування листової заготовки при формоутворенні. У випадку подвійної кривизни напруження розтягу розподіляються нерівномірно. У той час, як на одних ділянках заготовки напруження розтягу вже досягли пластичної деформації і збільшуються з урахуванням зміцнення матеріалу, то в інших - будуть лише перевищувати його межі плинності і далі деформуватися при інших граничних умовах. За товщиною в перетинах заготовки діють напруження лише одного знаку - розтягуючі, що має обов'язково знизити вплив пружних деформацій, перевищені значення яких можуть призвести до деякого спотворення форми поверхні заготовки.

Отже, технологічна спадковість проявляється на всіх етапах реалізації технологічних процесів отримання деталей з листових заготовок, тому в якості факторів, які обмежують граничні можливості процесу формоутворення наводиться або деформація гранично допустимої формозміни листової заготовки або критична деформація, в результаті якої відбувається рекристалізація і роззміцнення матеріалу.

УДК 621.7

Д.Л. Радик, канд. техн. наук., С.Я. Носевич, Ю.Я. Носевич, Л.М. Романовська  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### **ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ ОБРОБЛЕННЯ ПРЯМОЛІНІЙНИХ ПІВКРУГЛИХ ШЛІЦЬОВИХ КАНАВОК**

**D.L. Radyk, Ph.D., Assoc. Prof., S.Y. Nosevych, Y.Y. Nosevych, L.M. Romanovska  
JUSTIFICATION OF CONSTRUCTIVE PARAMETERS OF THE  
INSTRUMENT FOR THE PROCESSING OF RECTILINEAR ROUNDELS  
GROOVES**

На надійність інструменту і якість оброблюваної ним поверхні значний вплив має рівномірності сприйняття навантаження інструментом. Оскільки припуск на один зуб визначається як площа поперечного січення оброблюваного матеріалу, що знімається за прохід, то при обробці інструментом який має декілька робочих елементів нам необхідно забезпечити однакові припуски що припадуть на ці елементи. Це забезпечить стабільний режим навантаження інструменту з боку оброблюваного матеріалу, що збільшить ресурс його роботи і зменшить шорсткість оброблюваної поверхні, а також збільшить її точність внаслідок зменшення вібрацій. Оскільки довжина оброблюваної поверхні деталі є невеликою, то можемо вважати, що різучі зуби вийшли з робочої зони, а працюють лише перехідні і калібруючі зуби.

Розглянуто процес обробки на прикладі двох сусідніх зубів інструменту (рис.1). Величини припусків (площі), що підлягатимуть зрізанню в процесі обробки позначимо через  $S_1$  і  $S_2$ . Це будуть площі фігур утворені перетином кіл радіусом  $R$  рівним радіусу робочого профілю зуба інструменту. Оскільки обробка відбувається з профілем зуба з однаковим радіусом робочої поверхні, то  $R_2=R_3=R$ . При цьому величина підйому на зуб для першого зуба буде рівною  $t_1 = h_1 - h_0$ , а для наступного  $t_i = h_i - h_{i-1}$ .

Деталі для оброблення можуть поступати як з попередньо утвореними канавками так і без попереднього утворення канавок. Профіль канавки в заготовці відповідає кінцевому профілю півкруглої шліцьової канавки з радіусом  $R_1=R$ , але з величиною припуску на обробку, тобто її профіль можна описати як круговий сектор с центром в точці  $A$  і центральним кутом  $\alpha$ , який можна розбити на площу трикутника  $AOE$  і площу сегмента з відповідним центральним кутом.

$$S_1 = \frac{\pi R^2 \beta}{360^\circ} - \frac{1}{2} (R - h_1) \sqrt{2Rh_1 - h_1^2} - \frac{\pi R^2 \alpha}{360^\circ} + \frac{1}{2} (R - h_0) \sqrt{2Rh_0 - h_0^2}; \quad (1)$$

де  $S_1, S_2$  – припуски (площі), що знімаються двома послідовно розміщеними зубами, мм<sup>2</sup>;

$h_0$  – глибина канавки отриманий в результаті попередньої операції, мм.;

$h_1$  – глибина канавки після проходження першого зуба, мм;

$h_2$  – глибина канавки після проходження другого зуба, мм;

$t_1$  – величина зміщення першого зуба відносно умовного профілю канавки отриманого на попередній операції в поперечному січенні, мм;

$t_2$  – величина зміщення наступного зуба відносно попереднього в поперечному січенні, мм.

$$S_2 = \frac{\pi R^2 \gamma}{360^\circ} - \frac{1}{2} (R - h_2) \sqrt{2Rh_2 - h_2^2} - \frac{\pi R^2 \beta}{360^\circ} + \frac{1}{2} (R - h_1) \sqrt{2Rh_1 - h_1^2}; \quad (2)$$

Прирівнявши значення  $S_1$  і  $S_2$ , що є умовою даної задачі, отримаємо

трансцендентне р-ня для визначення оптимального значення величини  $h_2$ :

$$\frac{\pi R^2}{360^\circ} (2\beta - \alpha - \gamma) - (R - h_1) \sqrt{2Rh_1 - h_1^2} + \frac{1}{2} (R - h_0) \sqrt{2Rh_0 - h_0^2} + \frac{1}{2} (R - h_2) \sqrt{2Rh_2 - h_2^2} = 0. \quad (3)$$

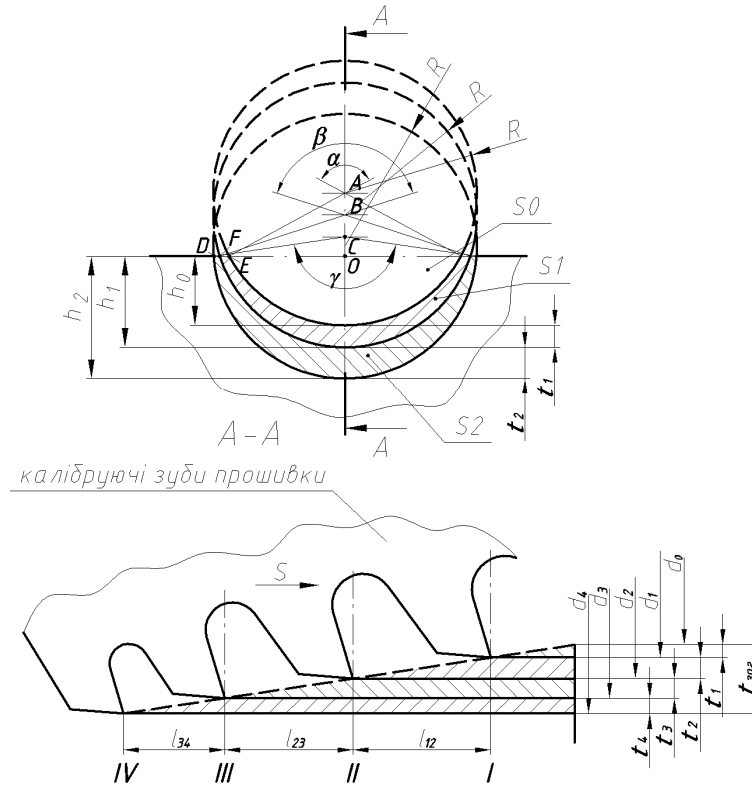


Рисунок 1. Розрахункова схема для визначення величини підйому на зуб протяжки:  
а) поперечне січення протяжки; б) поздовжнє січення протяжки

Значення кутів  $\alpha$  можна визначити з залежності:

$$\alpha = 2 \arccos \frac{R - h_0}{R}; \quad \beta = 2 \arccos \frac{R - h_1}{R}; \quad \gamma = 2 \arccos \frac{R - h_2}{R};$$

Дане рівняння дає можливість отримати значення глибини канавки  $h_2$ , після проходження  $i$ -го зуба протяжки, при відомій початковій глибині канавки  $h_0$  і заданій величині глибини канавки  $h_1$  отриманої після проходження  $i-1$  зуба з забезпеченням однакової величини припуску, що знімаються цими зубами.

– для  $i$ -го зуба рівняння матиме вигляд:

$$\frac{\pi R^2}{360^\circ} (2\beta - \alpha - \gamma) - (R - h_i) \sqrt{2Rh_i - h_i^2} + \frac{1}{2} (R - h_{i-1}) \sqrt{2Rh_{i-1} - h_{i-1}^2} + \frac{1}{2} (R - h_{i+1}) \sqrt{2Rh_{i+1} - h_{i+1}^2} = 0. \quad (4)$$

$$\alpha = 2 \arccos \frac{R - h_{i-1}}{R}; \quad \beta = 2 \arccos \frac{R - h_i}{R}; \quad \gamma = 2 \arccos \frac{R - h_{i+1}}{R}.$$

Для визначення параметра  $h_i$  (4) використаємо спеціальні (графічні) методи розв'язку трансцендентних р-нь за допомогою САПР (MathCAD).



**УДК 692.44**

**В.Ю. Рибак**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ДАХОВОГО ПОКРИТТЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ПК ЛІРА**

**V. Y. Rybak**

### **RESEARCH OF ROOF OVERLAPPINGS USING THE SOFTWARE OF THE PC LIRA**

Більшість спортивних споруд, що експлуатуються на території України, побудовані ще за радянських часів і, як правило, потребують реставрації та відновлення. Чимало з них перебувають в аварійному стані і не придатні для подальшої експлуатації, деякі взагалі не підлягають ремонту, тому проектування і будівництво нових спортивних споруд з використанням сучасних методів проектування та технологій зведення, є актуальним завданням для архітекторів та будівельників.

При проектуванні спортивно-розважального комплексу з використанням прикладного програмного комплексу ЛІРА розраховували два варіанти покриття арени: у вигляді ребристо-кільцевого купола зі зв'язками і у вигляді сітчастого купола діаметром 56 метрів.

Конструкція купола складається з 24 ребер, встановлених в радіальному напрямку і з'єднуються між собою 4 рядами кілець, що утворюють суцільну жорстку просторову систему. Ребра купола виконані з двутавра, верхні опорні кільця з швелера, зв'язки - з кутника, проміжні кільця - з сталевих гнучо-замкнутих профілів квадратного перетину по ГОСТ 30245-2003.

Метою роботи є визначення зусиль в елементах купола при різних варіантах моделювання завантажень – у вигляді розподіленого навантаження по всій площині купола через пластину і у вигляді вузлового навантаження.

У першому випадку решітка розрахункової схеми створена за допомогою поверхні обертання, в одному секторі додано зв'язки і шляхом копіювання елементів поворотом створено їх в інших секторах. Аналогічно створено і пластину. Пластина в даній схемі необхідна для створення рівномірного навантаження на купол, тому її вага максимально наближена до нуля. Особливість цього варіанту полягає в способі навантаження: від ваги покриття прикладено рівномірно розподілене нормативне навантаження, від снігу - розраховано рівнодіючу силу, яка прикладена в якості рівномірно розподіленого навантаження.

У другому варіанті решітка створена таким же чином, але без пластини. Тому її завантаженість прийнято зосередженим навантаженням у вузлах ребер, які для кожного кільця мають різні значення.

За результатами дослідження отримано мозаїку поздовжніх зусиль N сталевих елементів. Порівняння мозаїк поздовжніх зусиль обох варіантів (з пластиною і з вузловими навантаженнями) показало, що в другому варіанті розрахункові зусилля значно вищі, ніж у першому, тому несуча здатність купола за двома групами граничних станів відповідає вимогам нормативної і технічної документації.

#### **Література**

1. ДБН В 2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції.– Київ, 2010.
2. Городецький А.С., Євзеров І.Д. Комп'ютерні моделі конструкції. – К.: «Факт», 2005. — 344 с.
3. ДБН В 1.2-2-2006 «Навантаження і впливи». – Київ, 2006.

**УДК 669.539**

**В.А. Савич, В.П. Олексюк канд. техн. наук, доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ПОШУК ОПТИМАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ МАШИН ДЛЯ РОЗМОТУВАННЯ РУЛОНІВ СІНА**

**V.A. Savych, V.P. Oleksyuk Ph.D., Assoc. Prof.**

### **SEARCH FOR OPTIMAL DESIGNS OF MACHINES FOR UNWINDING HAY ROLLS**

Тваринництво – це одна з головних ланок сучасного сільськогосподарського виробництва, динамічний розвиток якої неможливий без надійної і якісної кормової бази. Комплекс робіт по збиранню та підготовці сіна для згодовування складається з ряду операцій та процесів, зміст яких залежить від прийнятої в даному районі технології та організації робіт, а також засобів механізації.

Заготівля сіна в Україні проводиться за двома основними технологіями: в розсипному вигляді та в пресованому вигляді. Технологія заготівлі пресованого сіна полягає у виконанні таких операцій: скошування або скошування з плющенням, ворущіння, згрібання і обертання валків, підбирання валків із пресуванням сіна в тюки або рулони, збирання і транспортування тюків або рулонів, складання їх у скирти. Механічна дія та вплив погодних умов на сіно при такій технології значно менший, ніж при класичній, що позитивно відбивається на його якості. Пресоване сіно легше транспортувати і зберігати, його можна при необхідності досушувати, однак при підготовці сіна до згодовування виникають певні труднощі, оскільки рулони мають значну масу та щільність. Перед нами стоїть завдання як можна більше механізувати та спростити процеси підготовки сіна до згодовування шляхом розробки спеціальної машини – розмотувача рулонів сіна. Основним недоліком розбирачів рулонів сіна відомих конструкцій є великий вміст ручної праці, що призводить до низької продуктивності процесу розбирання рулонів. Максимально механізувати та спростити операції розбирання та транспортування рулонів сіна можна, розробивши механізм розмотування обладнаний транспортерами відповідної конструкції. У роботі запропоновано конструкцію машини – розмотувача рулонів, яка включає в себе кілька механізмів, в тому числі механізм розмотування рулонів, що складається з двох транспортерів – ланцюгово-планчастого і стрічкового.

Розмотувач може використовуватись в технологічному процесі підготовки рулонів сіна і соломи до згодовування на тваринницьких комплексах, а також на комбікормових заводах. Агрегат працює стаціонарно в закритому приміщенні в режимі розмотування. Машина для розмотування рулонів призначена для розмотування рулонів тільки сухого сіна і соломи.

Рулони сировини, при необхідності, надходять на попереднє підсушування в спеціальних сушарках.

Агрегат виконує наступні технологічні операції: підготовча операція для підготовки рулону до розмотування; підйом рулонів для подачі рулонів у механізм розмотування; розмотування рулонів та змотування шпагату на приймальну катушку.

Розроблюваний розмотувач складається із наступних складальних одиниць: механізму розмотування шпагату; механізму підйому рулонів; механізму розмотування рулонів механізму змотування шпагату; бункера; електроустаткування.

УДК621.86.

Л.М. Слободян

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## КЛАСИФІКАЦІЯ ГВИНТОВИХ ЗАВАНТАЖУВАЧІВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

L.M. Slobodian

### CLASSIFICATION OF GUNS DOWNLOADS OF VEHICLES

Важливим критерієм роботи транспортних засобів є продуктивність, енерговитрати та виробнича і експлуатаційна собівартість. Тому для реалізації ефективного процесу перевантаження матеріалів з допомогою гвинтових завантажувачів необхідно забезпечувати їх оптимальне завантаження, але при цьому слід врахувати, що завантаження магістралей, яке відбувається через насадки, повинно забезпечувати і не потрапляння до них сторонніх габаритних кускових предметів і відбуватися з врахуванням обмежень по технологічному забиванню магістралей. Види гвинтових завантажувачів зображені на рис. 1.

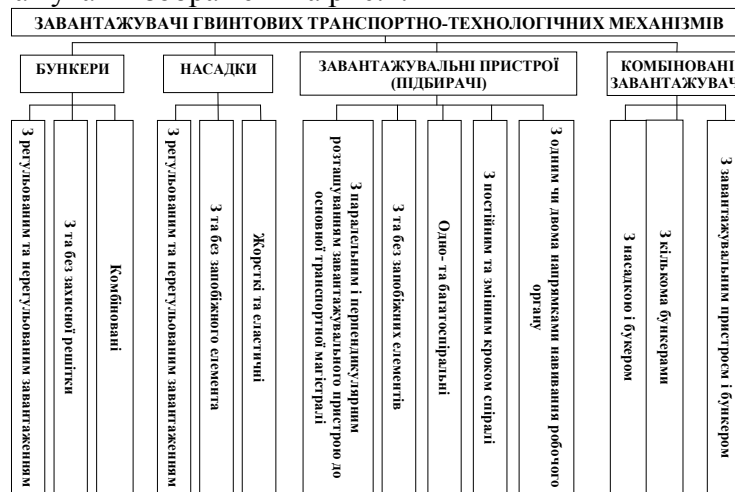


Рисунок 1. Класифікація гвинтових завантажувачів сипких матеріалів

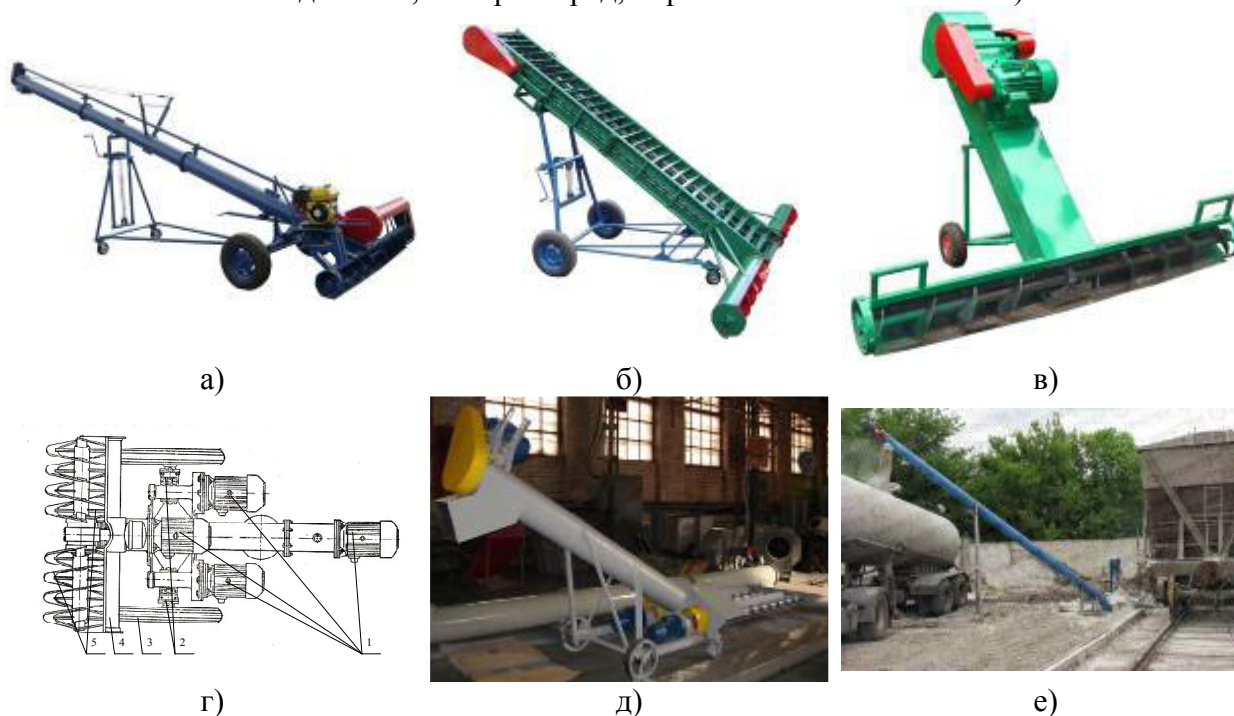
Функціональне призначення завантажувальних пристроїв – забезпечення завантаження гвинтових конвеєрів (ГК) сипкими вантажами з площадок і ємкостей шляхом їх доправлення в шнек. Вони поділяються на ті, в яких завантажувальний пристрій розташований паралельно до основної транспортної магістралі (для завантаження конвеєра витікаючих з ємкостей матеріалів), і ті, в яких завантажувальний пристрій розташований перпендикулярно до основної транспортної магістралі (для підбирання з площадок і доправлення в магістраль матеріалів).

На рисунку 2 представлено типові ГК з бункерним завантаженням, де конструкції, зображені на рис. 2.б та рис. 2.в забезпечені бункерними решітками для унеможливлення потрапляння до жолоба значних частин, що можуть викликати поломки шнека.

На рисунку 3 представлено завантажувальні пристрої. Пристрої, зображені на рис. 3.а – рис. 3.г, призначені для завантаження транспортерів сипкими вантажами з площадок (в них завантажувальний пристрій у вигляді протилежно направлених шнеків розташований перпендикулярно до основної транспортної магістралі), а на рис. 3.д та рис. 3.е представлено гвинтовий розвантажувач вагонів (хоппер) У9-РХ-61, в якого завантажувальний пристрій розташований паралельно до основної транспортної магістралі (для завантаження конвеєра матеріалами, що подаються з вагонів).



а) б) в)  
Рисунок 2. Гвинтові конвеєри з бункерним завантаженням: а) з приводом від трактора (John Deere tractor, Canada, <http://uk.wikipedia.org/wiki/>); б) пересувний КВП-60 (ПАТ «ЧеркасиЕлеваторМаш», <http://bronto.ub.ua/>); в) пересувний (ПАТ «Завод Елеваторного Обладнання», м. Кіровоград, <http://www.kirelmash.com.ua/>)



а) б) в) г) д) е)  
Рисунок 3. Завантажувальні пристрої: а) завантажувач шнековий (ООО «Гарант-Агро», м. Кривий Ріг, <http://garantagro.com/>); б) скребково-шнековий транспортер (ООО «Гарант-Агро», м. Кривий Ріг, <http://garantagro.com/>); в) шнек підбору з землі зернових і технічних культур у вигляді приставки для завантаження транспортерів шнекових, стрічкових, норій (ООО «Гарант-Агро», м. Кривий Ріг, <http://garantagro.com/>); г) шнековий забірний візок [2]; д) гвинтовий розвантажувач вагонів (хоппер) У9-РХ-61 в роботі (ПАТ «ЕКВІПТЕХ» м. Дніпропетровськ, [www.ekvipteh.com.ua/](http://www.ekvipteh.com.ua/)); е) гвинтовий розвантажувач вагонів У9-РХ-61 в роботі

### Література

1. Гевко Б.М. Винтовые подающие механизмы сельскохозяйственных машин / Б.М. Гевко, Р.М. Рогатынский.-Львов : Вища школа, 1989. – 176с.
2. Гевко І.Б. Гвинтові транспортно-технологічні механізми: розрахунок і конструювання / І.Б. Гевко – Тернопіль: ТДТУ імені Івана Пулюя, 2008.-307с.
3. Малащенко В.О. Муфти приводів. Конструкції та приклади розрахунку. Навчальний посібник / Малащенко В.О. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2006.-196с.

**УДК 62-932.2**

**Н.А. Смеречинський, А.Д. Довбуш**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ КОРМОЗМІШУВАЧА**

**N.A. Smerechynskiy, A.D. Dovbush**

### **GROWING PRODUCTIVITY OF FEED MIXER**

Розвиток тваринництва буде ефективним тільки в тих випадках, коли в галузь будуть запроваджені нові технології відгодівлі. Насамперед це стосується кормів, які повинні містити поживні речовини, що швидко засвоюються і добре поїдаються тваринами. Для досягнення високої продуктивності в тваринництві необхідно використовувати багатокомпонентні корми – кормосуміші.

При використанні кормосумішей значно підвищується поїдання кормів. Подрібнення і змішування окремих компонентів дозволяє покращити смакові якості кормів і збалансувати раціон згодування, що в свою чергу сприяє росту продуктивності галузі. Однорідність кормосумішей забезпечує харчову цінність продукту у всіх частинах його об'єму. Наприклад, в деяких випадках мікродобавки складають 10-15 г на 1 тонну суміші.

Недостатнє змішування часто є причиною негативного впливу на продуктивність тваринницької галузі. Рівномірність розподілу компонентів кормосумішей по об'єму забезпечується їх змішуванням в спеціальних машинах – змішувачах періодичної дії та змішувачах безперервної дії.

Змішувачі періодичної дії характеризуються циклічним режимом роботи – передача компонентів у змішувач, їх змішування і вивантаження готового корму. Машини такого типу недостатньо досконалі, а саме: тривалість циклу змішування, значних питомих витрат енергії та металоємності, непридатність для змішування компонентів в співвідношеннях 1:100 і більше.

Змішувачі безперервної дії характерні тим, що процес змішування стабільний і сталий, дає можливість отримувати однорідні структури з вмістом компонентів 0,1-1%.

Виходячи з вимог до процесу змішування кормів можна виділити основні напрямки вдосконалення кормозмішувачів: зменшення питомої енергоємності та металоємності машин; збільшення довжини камери змішування, що покращує якість кормосуміші; підвищення частоти обертання вала змішувача збільшує однорідність кормосуміші, оптимальні показники отримують при 400 об/хв.

Якісну оцінку процесу змішування визначають по ступінню однорідності одержаної суміші, яка знаходиться із співвідношенням кількості контрольного компонента у взятій пробі і заданої його кількості для даної суміші (в долях або відсотках). Її визначають за формулами, що запропонував А.А. Лапшин [1].

$$\Theta = \frac{1}{n} \sum \frac{B_1}{B_0} \cdot 100 \text{ при } B_1 < B_0, \% \quad \Theta = \frac{1}{n} \sum \frac{2B_0 - B_1}{B_0} \cdot 100 \text{ при } B_1 > B_0, \%$$

де  $\Theta$  - ступінь однорідності, %;  $B_0$  - задана кількість компонентів в суміші;

$B_1$  - фактична кількість компонентів в суміші;  $n$  – кількість взятих проб.

### **Література**

1. Проектування технологій і технічних засобів для тваринництва. За ред. Скорика О.П., Полупанова В.М. (авт. Науменко О.А., Бойко І.Г., Грідасов В.І., Дзюба А.І. та інші) Харків ХНТУСГ, 2009. – 429с.

УДК 519.85

І.І. Смолюх, В.В. Батюк, П.М. Камуля, М.І. Яворська

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### ВІДПРАЦЮВАННЯ АЛГОРИТМУ ПЕРЕСУВАННЯ МОБІЛЬНОГО РОБОТА З ОБГИНАННЯМ ПЕРЕШКОД

I.I. Smoliukh, V.V. Batiuk, P.M. Kamulia, M.I. Yavorska Ph.D.

### ALGORITHM OF THE MOBILE ROBOT MOVEMENT WHEN AVOIDING THE OBSTACLES

Запропоновано алгоритм корекції курсу мобільного робота при наявності перешкод. Керування рухом відбувається згідно показів чотирьох датчиків. Опитування відбувається з інтервалом 10 мс з подальшим усередненням трьох послідовних показів. Просторова позиція робота відносно перешкоди ідентифікується за значеннями вимірної відстаней перпендикулярно до курсу (датчикі  $d_1, d_3$ ) і під кутом в  $45^\circ$  ( $d_2, d_4$ ). Зміна курсу при зменшенні відстаней на недозволену величину, курс мобільного робота змінюється на паралельний до фіксованої перешкоди.

Робочі формули кута повороту мобільного робота за допомогою першої пари датчиків відстані:

$$\varphi_i = \varphi_{i-1} - \arctg \frac{d_3 - \left(\frac{d_2}{\sqrt{2}}\right)}{\left(\frac{d_2}{\sqrt{2}}\right)}; \quad \varphi_i = \varphi_{i-1} + \arctg \frac{d_2 - (d_3 * \sqrt{2})}{d_2}$$

де  $\varphi_i, \varphi_{i-1}$  - результуючий, попередній кут повороту коліс мобільного робота;

$d_2, d_3$  - оцифровані і конвертовані в міліметрову шкалу дані правого дальнього і лівого бокового датчика відстані.

Формули повороту мобільного робота за допомогою другої пари датчиків відстані:

$$\varphi_i = \varphi_{i-1} + \arctg \frac{d_4 - \left(\frac{d_1}{\sqrt{2}}\right)}{\left(\frac{d_1}{\sqrt{2}}\right)}; \quad \varphi_i = \varphi_{i-1} + \arctg \frac{d_1 - (d_4 * \sqrt{2})}{d_1}$$

де  $d_1, d_4$  – оцифровані і конвертовані в міліметрову шкалу дані лівого дальнього і правого бокового датчика відстані.

Для попереднього відпрацювання алгоритм пресування мобільного робота реалізовано в середовищі MATLAB SIMULINK. Так для випадку серії показів контрольних датчиків відстані, приведені в таблиці 1, траса пересування робота показана на рис 1.

Табл.1 Індикатори спрацювання контрольних датчиків при біжучих опитуваннях

0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	
0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

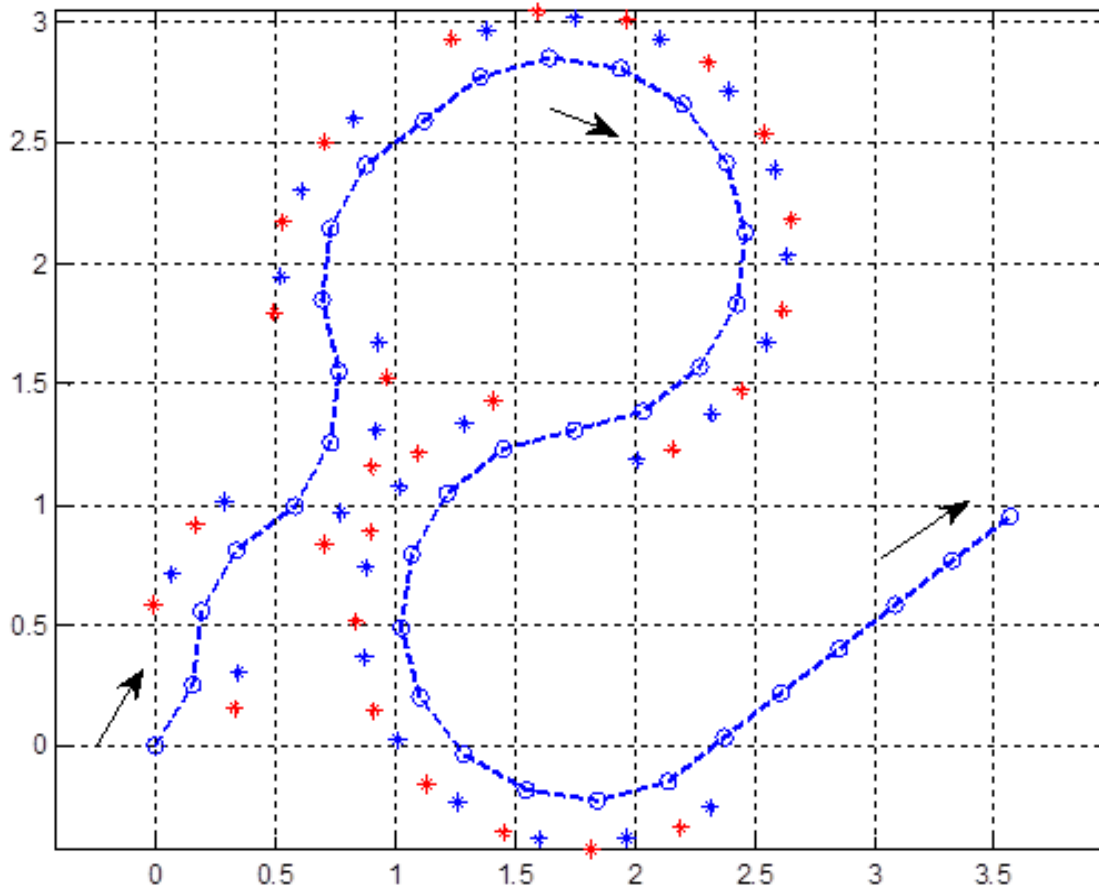


Рисунок 1. Алгоритм пресування мобільного робота. Зірочками позначені позиції фіксовані давачами (червоним – перешкоди, що знаходяться на забороненій відстані перпендикулярно до курсу, синім – під кутом  $45^\circ$ )

Запропонований алгоритм руху мобільного робота дозволяє огинати перешкоди без суттєвих обмежень швидкості на складних ділянках траси, а також миттєво реагувати на зміну дорожньої ситуації. Запропонований підхід до вирішення питання руху мобільного робота апробований на Всеукраїнських змаганнях з перегонів автономних роботів за Кубком Львівської політехніки з результатом – входження в призому трійку серед двадцяти трьох номінантів.

### **Література**

1. Modern Control Systems by Richard C. Dorf (Fifth Edition).
2. Matlab в инженерных и научных расчетах А. Ф. Дашенко, В. Х. Кирилов, Л. Л. Коломиец, В. Ф. Оробей; Одесса «Астропринт», 2003
3. Введение в математическое моделирование: Учеб. Пособие / Под ред. П. В. Трусова. – М.: Университетская книга, Логос, 2007. – 440 с.

УДК 621.8

**В.В. Вольський, О.Р. Стрілець, канд. техн. наук, доц., В. М. Стрілець, канд. техн. наук, проф.,**

Національний університет водного господарства та природокористування, Україна

## ГНУЧКИЙ РОБОЧИЙ ОРГАН ГВИНТОВОГО ТРАНСПОРТЕРА

**V.V. Volsky, O. R. Strilets, Ph.D, Assoc. Prof., V.M. Strilets, Ph.D, Prof.**

### FLEXIBLE WORKING BODY OF SCREW CONVEYOR

У класифікації транспортуючих машин безперервної дії гвинтові транспортери (шнеки) відносяться до машин без тягового елемента. Вони прості за конструкцією тому, що містять такі основні складальні одиниці: гвинт, жолоб і привод. При обертанні гвинта, як правило, насипний вантаж пересувається вздовж жолоба на прийнятну відстань. Нині конструкторами і дослідниками розроблена велика кількість гвинтів, поверхня яких може бути суцільною, стрічковою, у вигляді окремих лопаток, фасонної форми, з внутрішнім з'єднанням секцій, гвинтоподібна гнучка лопать у вигляді щітки, виготовленої з зносостійкого, пружного матеріалу у формі дротинок і таке інше. Основними недоліками відомих гвинтів є складність конструкції і технології виготовлення, відсутність можливості транспортувати різні матеріали, особливо сухі сипкі матеріали, низька надійність і довговічність при транспортуванні матеріалів по криволінійних траєкторіях.

Для зменшення вказаних недоліків пропонується гвинт виконати із еластичної неметалевої товстостінної труби 1, наприклад, поліуретанової (рис. 1, а), розрізаної вздовж по гвинтовій лінії з утворенням циліндричного спірального елемента 2 (рис. 1, б).

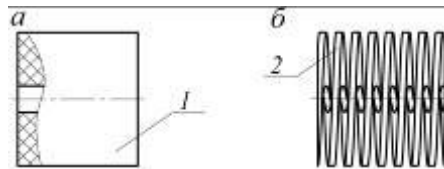


Рисунок 1. Схеми: а – товстостінної труби; б – циліндричної гвинтової спіралі.

Циліндричний спіральний елемент 2, встановлений на валу 3 у вигляді дротяного каната (рис. 2) і закріплений з'єднаннями 4. В залежності від довжини вала 3 можна розтягувати і кріпити циліндричний спіральний елемент 2 з різним кроком гвинтової лінії.

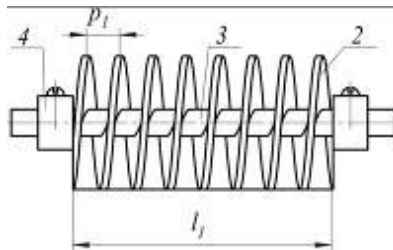


Рисунок 2. Гнучкий робочий орган

Запропонований гнучкий робочий орган гвинтового транспортера простий у виготовленні з застосуванням стандартних виробів – труб і канатів, розширяє область його застосування при транспортуванні широкого кола матеріалів у різних напрямках.



УДК 621.833.65

О.Р. Стрілець, канд. техн. наук, доц.

Національний університет водного господарства та природокористування, Україна

**ДИНАМІЧНА МОДЕЛЬ КЕРУВАННЯ ШВИДКІСТЮ У ПРИСТРОЇ З  
ЗУБЧАСТИМ ДИФЕРЕНЦІАЛОМ І ЗАМКНОТОЮ ГІДРОСИСТЕМОЮ ЧЕРЕЗ  
СОНЯЧНЕ ЗУБЧАСТЕ КОЛЕСО**

**O. R. Strilets, Ph.D, Assoc. Prof.**

**DYNAMIC SPEED CONTROL MODEL IN A DEVICE WITH A DIFFERENTIAL  
GEAR AND A CLOSED HYDRAULIC SYSTEM THROUGH A SUN GEAR**

Виконання технологічних операцій машинами у різних галузях промисловості здійснюється при різних швидкостях. Для зміни швидкості в сучасній техніці широко відомі пристрої у вигляді ступінчастих і безступінчастих коробок швидкостей. Відомі пристрої зміни швидкості мають багато недоліків - складність конструкції, велика матеріаломісткість, великі динамічні навантаження при переході з однієї швидкості на другу, велике спрацювання деталей через використання фрикційних гальм і муфт. Внаслідок цього зменшується довговічність і надійність деталей приводів машин. Тому виникають задачі створення нових способів і пристроїв керування змінами швидкості. При розробці на рівні винаходів (Пат. № 2211796 RU і Пат. № 44135 UA) вантажоупорного зупинника у вигляді замкнутої гідросистеми і застосування його у зубчастих диференціальних передачах, привело до створення нових пристроїв для керування змінами швидкості. Для проведення силових досліджень, проектування та експлуатації таких пристроїв необхідні знання про динамічні процеси у них.

Розглядається пристрій для керування змінами швидкості з зубчастим диференціалом, який містить сонячне зубчасте колесо 1, сателіти 2, епіцикл 3 і водило 4, розміщені в корпусі 5, а керування швидкістю здійснюється за допомогою замкнутої гідросистеми 6 зв'язаною з сонячним зубчастим колесом 1 зубчастою передачею 7, показаний на рисунку. Зміна швидкості досягається тим, що швидкість сонячного зубчастого колеса змінюється від 0 до  $\omega_{1max}$ , в залежності від швидкості руху рідини у замкнутій гідросистемі

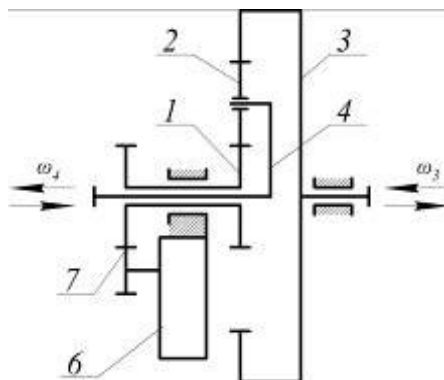


Рисунок 1. Схема зубчастого диференціала з керуванням через сонячне зубчасте колесо

Для отримання диференціальних рівнянь дослідження динамічних процесів у пристрої для керування змінами швидкості з зубчастим диференціалом і замкнутою гідросистемою через сонячне зубчасте колесо, коли ведучою ланкою є водило, а веденою – епіцикл або навпаки застосоване рівняння Лагранжа другого роду

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \omega} \right) = M_3, \quad (1)$$

де  $T$  – кінетична енергія системи;  $M_{3(4)}$  – обертальний момент, що створюється на валу виконавчого механізму, з'єданого з валом епіцикла у першому випадку або з валом водила у другому випадку, який може: *a* – змінюватися періодично на протязі тривалого часу; *б* – після різкого збільшення залишатися незмінним на протязі тривалого часу; *в* – після різкого збільшення зберігатися на протязі малого часу; *г* – виконавчий механізм миттєво зупиняється внаслідок значного перевантаження. показано на рис. 2.

Графіки зміни обертального моменту показані на рис. 2.

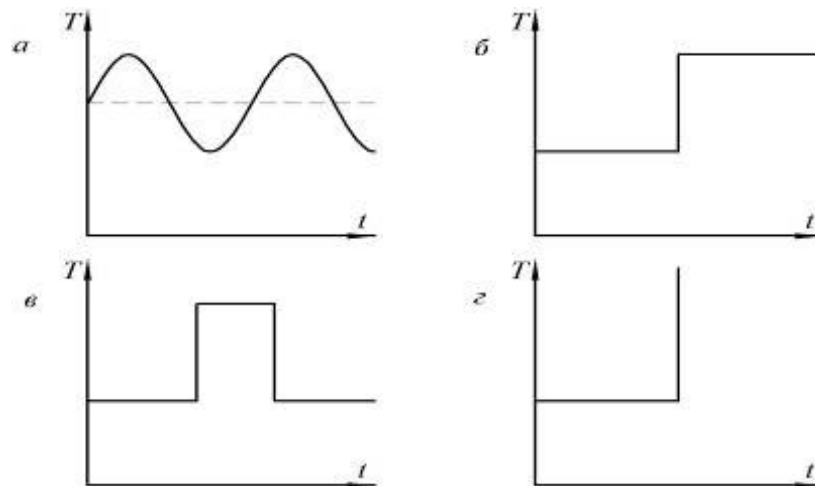


Рисунок 2. Графіки зміни обертального моменту на веденій ланці, якою може бути епіцикл або водило

У вираз для кінетичної енергії системи входять кінетичні енергії таких ланок:  $T_1$  – сонячного зубчастого колеса ( $z_1$ ) з валом і зубчастим колесом  $z_4$  зубчастої передачі 7;  $T_2$  – блока сателітів ( $z_2$ );  $T_3$  – епіцикла ( $z_3$ ) з валом;  $T_4$  – водила;  $T_5$  – зубчастого колеса  $z_5$  зубчастої передачі 7 з замкнутою гідросистемою 6. Тоді:

$$T = \frac{1}{2} (J_1 \omega_1^2 + z_c J_2 \omega_2^2 + z_c m_2 v_{o2}^2 + J_3 \omega_3^2 + J_4 \omega_4^2 + J_5 \omega_5^2), \quad (2)$$

де:  $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4, \omega_5$  – відповідно кутові швидкості ланок системи;  $J_1, J_2, J_3, J_4, J_5$  – відповідно динамічні моменти інерції ланок відносно центрів мас;  $m_2$  – маса блока сателітів;  $z_c$  – кількість сателітів;  $v_{o2} = \omega_4 r_4$  – колова швидкість осі обертання сателітів;  $r_4$  – радіус обертання водила. Цей радіус дорівнює сумі початкових радіусів сонячного зубчастого колеса і сателіта  $r_4 = 0,5(d_{w1} + d_{w2})$ .

Таким чином, на основі даної методики отримано диференціальні рівняння для дослідження динамічних процесів у пристрої для керування швидкістю з зубчастим диференціалом і замкнутою гідросистемою через сонячне зубчасте колесо.

УДК 621.42

Б.М. Цебенко; канд. техн. наук, доц. Н.І. Хомик

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### РОЗРАХУНОК СТІЙКОСТІ НАВАНТАЖУВАЧА ПЕ-0,8Б

В.М. Sebenko, N.I. Khomyk, Ph.D., Assoc. Prof.

### CALCULATION OF STABILITY FORKLIFT PE-0,8B

При проектуванні і розробці навантажувачів їх необхідно розрахувати на стійкість – один з найважливіших факторів безпеки експлуатації. Під стійкістю агрегату розуміють такий стан, при якому під час роботи не відбувається відрив опорних точок (коліс, домкратів, бульдозера). При цьому точки дотику домкратів із землею і шарнір опорного моста трактора утворюють трикутник  $abc$  (рис. 1). Сторони цього трикутника є лініями перекидання агрегату. Якщо передній міст під'єднаний жорстко, тоді перекиданню агрегату протидіють також реакції коліс. У цьому випадку утворюється чотирикутник стійкості  $a_1bca_2$ . У більшості грейферних навантажувачів до трактора приєднують бульдозер. При впиранні лопати бульдозера на землю його стійкість значно зростає.

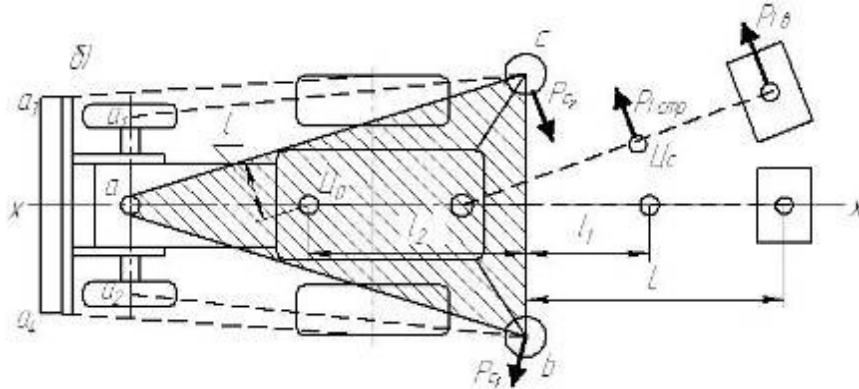


Рисунок 1. Схема для розрахунку стійкості навантажувача

Умова стійкості визначається коефіцієнтом стійкості  $k$ , який дорівнює відношенню моменту, що утримує навантажувач, до моменту перекидання. Цей коефіцієнт розраховують для найбільш критичного випадку при втраті навантажувачем стійкості [1]

$$k = \frac{M_g}{M_{zp} + M_{op} + M_{cnp} + M_i}, \quad (1)$$

де  $M_g$  – момент сил для збереження стійкості, визначають так  $M_g = G_{agr} \cdot l_2$ ;

$M_{zp}$ ,  $M_{op}$ ,  $M_{cnp}$  – відповідно моменти сил тяжіння вантажу, робочого органу та стріли з подовжувачем;  $M_i$  – момент сил інерції при повороті.

Якщо нахил поверхні направлено вздовж повздовжньої осі навантажувача, то момент для збереження стійкості збільшується або зменшується залежно від розміщення навантажувача. Тоді

$$M_g = G_{agr} \cdot (l_2 \cdot \cos \alpha \pm H \cdot \sin \alpha), \quad (2)$$

де  $G_{agr}$  – сила тяжіння агрегату без врахування маси стріли і робочого органу;

$l_2$  – найменша відстань від перекидаючої лінії до перпендикуляра, який опущений з

центра ваги агрегату на поверхню землі;  $\alpha$  – кут нахилу поверхні;  $H$  – висота розміщення центра ваги (рис. 1).

Часто для збільшення моменту, який протидіє перекиданню агрегату в передній частині (протилежно розміщенню стріли), ставлять додаткові противаги. Перекидаючий момент складається з кількох складових, що приведені в знаменнику рівняння (1). Визначимо кожен із них:

$$M_{zp} + M_{op} = (G_{zp} + G_{op}) \cdot L, \quad (3)$$

де  $G_{zp}, G_{op}$  – максимально можлива сила тяжіння вантажу і робочого органу;

$L$  – відстань по горизонталі від лінії перекидання до вертикальної лінії дії сил;

$$M_{стр} = G_{стр} \cdot l_1, \quad (4)$$

де  $G_{стр}$  – сила тяжіння стріли навантажувача.

Момент дії сил інерції у випадку зупинки стріли навантажувача при опусканні вантажу

$$M_i = \frac{(G_{azp} + G_{op}) \cdot \omega_e \cdot L^2}{gt} + \frac{G_{стр} \cdot \omega_e \cdot l_1^2}{gt}, \quad (5)$$

де  $\omega_e$  – кутова швидкість стріли у вертикальній площині при опусканні вантажу;

$t$  – час гальмування.

При опусканні вантажу, а також при повороті стріли навантажувача у горизонтальній площині виникають доцентрові сили, які збільшують момент перекидання. Момент від дії доцентрових сил при повороті стріли з вантажем у горизонтальній площині

$$M_u = \frac{\omega_z^2 \cdot h}{2 \cdot g} [(G_{azp} + G_{op})] \cdot L^2 + G_{стр} \cdot l_1^2. \quad (6)$$

де  $\omega_z$  – кутова швидкість стріли у горизонтальній площині,  $c^{-1}$ ;

$h$  – висота верхнього шарніру колони, м;

$G_{zp}, G_{op}, G_{стр}$  – відповідно максимальна сила тяжіння вантажу, робочого органу і стріли, Н.

Коефіцієнт  $k$  розраховуємо для кількох положень стріли навантажувача у робочому секторі повороту при максимальному її вильоті. Результат розрахунку наведений у таблиці 1. Встановлено, що у критичному положенні в умовах статички  $k \geq 1,4$ ; при дії всіх додаткових навантажень, які порушують стійкість агрегату,  $k \geq 1,5$ .

Таблиця 1 – це Розрахунок коефіцієнту стійкості  $k$

	$M_{СТ}$ , Нм	Перекидаючі складові				Коефіцієнт стійкості
		$M_B$ , Нм	$M_{PO}$ , Нм	$M_{СТP}$ , Нм	$M_I$ , Нм	
стат ика	65100	423 20	9800	4500	-	1,4
дин аміка	65100	423 20	9800	4500	10 200	1,15

### Література

1. Комаров М.С. Динамика грузоподъемных машин. – М., К.: Машгиз, 1962. – 268 с.

УДК 621.002.5.52

Ю.Б. Целик, В.Т. Лебідь, докт. техн. наук, доц.

Донбаська Державна машинобудівна академія, Україна

## **АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ КОНТРОЛЮ І ВИМІРУ ПОСАДКОВОГО ДІАМЕТРА ВІНЦЯ СКЛАДЕНОГО ЗУБЧАСТОГО КОЛЕСА ПРИ НАГРІВАННІ ДЕТАЛІ ПІД ЗБІРКУ.**

Y.B. Tselik, V.T. Lebed Dr., Prof.

### **AUTOMATION OF THE PROCESS OF CONTROL AND MEASUREMENT OF THE LANDING DIAMETER OF THE CROWN OF A FOLDED GEAR WHEN THE PARTS ARE HEATED UNDER THE ASSEMBLY**

У важкому машинобудуванні широке застосування знаходять складові зубчасті колеса (рис.1), які використовуються у виробництві великогабаритних зубчастих передач [1].

Відповідно до класифікації, до першого підкласу входять великогабаритні вироби відповідального призначення (коли  $L$  до  $1,0 D$ ).

В даний підклас включені складові ( бандажировані ) зубчасті колеса редукторів приводів клітей прокатних станів з вінцями, що мають прямозубие, косозубие і шевронні зуби з одним, двома або трьома дисками на центрі (рис. 1). При цьому ряд центрів коліс конструктивно виконаний з компенсаційними пазами.

В роботі розглядаються зубчасті колеса з габаритними діаметрами (по виступах зубів) 1821 ... 3926 мм при ширині виробу 500 ... 1190 мм і номінальному діаметрі посадкової поверхні центру / бандажа 1500 ... 3520 мм .

Збірка таких коліс проводиться методом гарячої посадки центру колеса зубчастого вінця на центр колеса (маточину). Зубчастий вінець нагрівається до розрахункової температури, при якому внутрішній діаметр вінця з зазором забезпечує процес складання. При охолодженні вінця відбувається зменшення внутрішнього діаметру і забезпечується з'єднання «вінець - маточина».

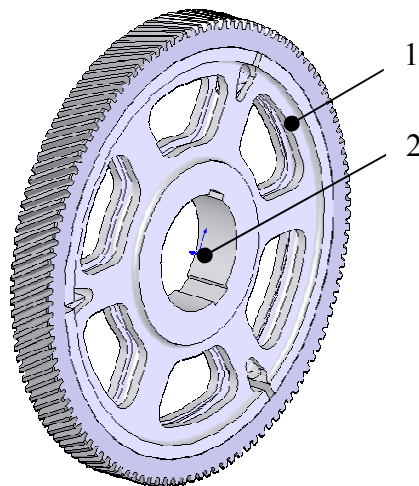


Рисунок 1. Общая конструкция составного зубчатого колеса  
1 – зубчатый венец; 2 – центр колеса

Контроль здійснювався методом безпосереднього виміру внутрішнього діаметру зубчастого вінця вимірювальним інструментом. Проблема при складанні розглянутих зубчастих коліс - це контроль внутрішнього діаметра зубчастого вінця при нагріванні перед їх складанням. Вартість енергоносія істотно впливає на собівартість даного

виробу. Одна з традиційних методик збірки - це розрахунок часу нагріву вінця виходячи з її масогабаритних характеристик. За номограми вибирається час нагрівання до необхідної температури і отримання розрахункового зазору при складанні зубчастого вінця з центром колеса. Однак номограми не враховують температуру навколишнього середовища, тип енергоносія, культуру виробництва, що періодично призводить до травм і необгрунтовано великих витрат енергоносіїв.

Вирішити цю проблему можливо використовуючи сучасні програмно-апаратні комплекси на базі мікроконтролера «STM32» в сукупності з датчиками температури і ультразвуковими дальномерами [2]. Датчик температури фіксується безпосередньо на внутрішній діаметр зубчастого вінця. Ультразвуковий датчик встановлюється поблизу від внутрішньої поверхні. Мікроконтролер пов'язаний з ЕОМ на екрані якої в реальному масштабі часу відбивається поточна температура і внутрішній розмір нагрівається зубчастого вінця. Змінюючи інтенсивність подачі енергоносіїв на пальники контролюється температура нагрівається зубчастого вінця.

Розроблено модель лабораторної установки для ведення процесу складання зубчастого вінця з маточиною.

Система активного контролю внутрішнього діаметра зубчастого вінця дозволить в реальному часі контролювати посадковий розмір, знизить трудомісткість процесу контролю, знизить ймовірність отримання травми при ручному вимірі і скоротить витрату енергоносія до пальників.

### **Література**

1. Таурит Г. Э. Обработка крупногабаритных деталей / Г. Э. Таурит, Е. С. Пуховский, Е. Ю. Грищенко. – К. : Техника, 1981. – 208 с.

2. Лебедь В.Т. Ресурсосбережение в тяжелом машиностроении. Реинжиниринг крупногабаритных изделий: монография / В.Т. Лебедь, А.А. Пермяков, А.Н. Шелковой. - Краматорск: ДГМА. 2015. – 301с. ISBN 978-966-379-705-2

3. Лебедь В.Т. Автоматизация процесса сборки крупногабаритных изделий/ В.Т. Лебедь, В.А. Калиниченко, М.А. Максимов - Збірник тез доповідей III Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні технології промислового комплексу» (12-17 вересня 2017р.) /МОН України, Херсонський національний технічний університет. С.155-158

**УДК 621.34**

**М.І. Цепенюк, канд. техн. наук, доц., Д. В.Кавунова**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ МЕХАНІЗМУ СИНХРОННОГО ОБЕРТАННЯ  
ІЗ ЗРІВНОВАЖУВАЛЬНИМ ЕЛЕКТРИЧНИМ ВАЛОМ З ВРАХУВАННЯМ  
ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ У АСИНХРОННИХ ДВИГУНАХ,  
ТРАНСФОРМАТОРІ І МЕХАНІЧНІЙ ПІДСИСТЕМІ**

**M.I. Tsepenyuk, Ph.D., Assoc. Prof., D.V. Kavunova**

**MATHEMATICAL MODEL OF THE MECHANISM OF SYNCHRONOUS  
ROTATION WITH A BALANCING ELECTRIC SHAFT TAKING INTO ACCOUNT  
TRANSIENTS IN ASYNCHRONOUS MOTORS, TRANSFORMER IN THE  
MECHANICAL SUBSYSTEM**

Відомо багато систем, які забезпечують синхронний рух у багатопривідних механізмах. Серед них найбільш простою і надійною є система зрівноважувального електричного вала. Дана система реалізується шляхом додаткового обладнання механізму асинхронними двигунами з фазним ротором. При цьому обмотки роторів даних двигунів з'єднані між собою електрично, а їхні ротори з'єднані механічно із роторами основних електродвигунів. Дослідження динаміки механізмів синхронного обертання із зрівноважувальним електричним валом проводяться з врахуванням перехідних процесів в асинхронних двигунах [1]. Електродвигуни даних механізмів у багатьох випадках мають велику потужність, яка співрозмірна із потужністю силового трансформатора, від якого вони отримують живлення. У такому випадку перехідні процеси в трансформаторі мають певний вплив на роботу електродвигунів, що є предметом даного дослідження. Розрахункова схема досліджуваного механізму представлена у вигляді дискретної n-масової системи, маси якої з'єднані між собою пружними невагомими елементами. При цьому враховується розсіювання механічної енергії за схемою пружно-в'язкого тіла і зазори. Диференціальні рівняння, які описують перехідні процеси в електромагнітній підсистемі, були отримані в результаті спільного розв'язку рівнянь асинхронних електродвигунів, рівнянь трансформатора і структурних рівнянь, які описують електричний зв'язок між зрівноважувальними двигунами, а також між електродвигунами і трансформатором. Диференціальні рівняння асинхронних електродвигунів і трансформатора враховують насичення магнітопроводів. Кінцева система диференціальних рівнянь представлена в нормальній формі Коші, що дало можливість розв'язувати дані рівняння числовими методами з використанням стандартних програм математичного забезпечення ЕОМ.

Розв'язуючи отриману систему рівнянь при різних початкових умовах, були досліджені перехідні процеси механізму синхронного обертання із зрівноважувальним електричним валом при розгоні, гальмуванні, а також при зміні навантаження в процесі роботи механізму. При цьому встановлено, що перехідні процеси в трансформаторі мають певний вплив на перехідні процеси в електродвигунах при розгоні і гальмуванні в тому випадку, коли сумарна потужність двигунів складає не менше 15% потужності трансформатора. У той же час перехідні процеси в трансформаторі несуттєво впливають на механічні коливання в системі.

**Література**

1. Чабан В.И. Математическая модель уравнительного электрического вала [Текст] / В.И. Чабан, М.И. Цепенюк. – М.: Электричество, 1981, №2, с.87-89.

**УДК 621.77.07**

**А. М. Швець, І. Г. Ткаченко канд. техн. наук, доц., В.О. Дзюра канд. техн. наук, доц.**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ІНСТРУМЕНТ ДЛЯ ОБКАТУВАННЯ ЗОВНІШНІХ ЦИЛІНДРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ КУЛЬКАМИ**

**A. M. Shvets, I. G. Tkachenko Ph.D., Assoc. Prof., V.O. Dzyura Ph.D., Assoc. Prof.**  
**INSTRUMENT FOR ROLLING OF EXTERNAL CYLINDRICAL SURFACE BY BALLS**

Працездатність деталей машин у великій мірі залежить від стану їхнього поверхневого шару, структура якого, фазовий і хімічний склад, як правило відрізняються від основного металу.

За допомогою добре відомих способів фінішної обробки – шліфування, хонінгування, доводки, – забезпечується необхідна форма деталей з необхідною точністю, але не завжди забезпечується оптимальна з точки зору експлуатаційних властивостей якість поверхневого шару. Застосування пружно-пластичного деформування (ППД) дозволяє підвищити експлуатаційні властивості деталей, збільшити термін їх служби [1].

Інструментами при ППД слугують ролики, кульки, гладилки, дорни з неріжучими кільцями, бойки-чекани тощо. У якості робочих тіл при ППД можуть бути використані дріб, кульки зі скла, пластмаси тощо. Робочим середовищем при ППД можуть бути рідина, газ і їх суспензії з частинками абразиву.

Інструмент для чистового фінішного оброблення зовнішніх циліндричних поверхонь [2] поверхневим пластичним деформуванням (рис. 1) складається з корпусу 1, виконаного у вигляді суцільної правильної шестигранної призми з центральним отвором 2, для розміщення заготовки 3. У трьох гранях корпусу 1 через  $120^\circ$  виконані ступінчасті наскрізні циліндричні ступінчасті отвори 4, вісі яких мають одну спільну точку перетину в центрі кола, утвореного перпендикулярним до повздовжньої осі перерізом центрального отвору 2. У цих ступінчастих отворах 4 з можливістю провороту, встановлені кульові головки пружної дії 5, які складаються із ексцентричних стаканів 6, які закріплені до корпусу 1 гвинтами 7, з внутрішніх ексцентричних втулок 8, встановлених з можливістю провертання в отворах стаканів 6 і закріплених до них гвинтами 9 і вісерухомих штоків 10, встановлених у отворах внутрішніх ексцентричних втулок 8, і на нижніх кінцях цих штоків закріплені деформуючі елементи – кульки 11.

У верхній частині вісерухомих штоків 10 виконані отвори 12, вісі яких паралельні осі центрального отвору 2 корпусу 1 і у ці отвори 12 запресовані циліндричні пальці 13. На зовнішніх кінцях частинах вісерухомих штоків 10 перпендикулярно осі центрального отвору 2 корпусу 1 сформовані вилки 14, у стінках яких виконані співвісні отвори 15. Ці отвори у із центрами, розміщеними на вершинах рівностороннього трикутника, центр якого суміщений із центром кола, отриманого при перпендикулярному перерізі центрального отвору 2. Вісі співвісних отворів 15 паралельні до осі центрального отвору 2 і в них розміщені пальці 16, на яких з можливістю провертання встановлені коромисла 17, 18 і 19, виконані у вигляді секторів, обмежених центральним кутом  $\pi$  радіан. На периферійних циліндричних поверхнях коромисел розміщені канавки 20, в які встановлені гнучкі елементи, наприклад, троси 21, 22 і 23, що своїми кінцями з'єднані з пружинами розтягу 24, 25 і 26, і чотири суміжні кінці цих трьох тросів 21, 22 і 23 з'єднані між собою двома однаковими пружинами 24 і 25 більшої довжини, а інші суміжні кінці



двох тросів з'єднані однією пружиною 26 меншої довжини. Один кінець пружини 26 спряжений з коромислом 17 через механізм 27 натягу пружин меншої довжини 26 і тягу 28. На другому кінці тяги 28 виконана зовнішня різьбова поверхня 29, на яку нагвинчена своєю внутрішньою різьбовою поверхнею 29 ступінчаста втулка 30, яка зафіксована контргайкою 31. На ступінь меншого діаметра ступінчастої втулки 30 вільно встановлений стакан 32 з наскрізними отворами 33 і 34 на боковій поверхні більшого діаметра 35, в які запресований штифт 36, до якого одним кінцем закріплена пружина 26 меншої довжини. На циліндричний виступ 37, виконаний на одному із торців корпусу 1, встановлений з можливістю обертового руху своїм центральним отвором 38 плоский трипрофільний кулачок 39. Цей кулачок зафіксований від осьового переміщення пружним розрізним кільцем 40, встановленим у виточку 41 на циліндричному виступі корпусу 37. В корпусі 1 із зміщенням на кут  $60^\circ$  відносно осей ступінчастих наскрізних циліндричних отворів 4 виконані три рівномірно розміщені по колу наскрізні отвори 42, призначені для встановлення інструменту у пристрій. В плоскому трипрофільному кулачку 39 виконані наскрізні криволінійні пази 43, осі симетрії яких співпадають з колом, на якому розміщені центри трьох наскрізних отворів 42 виконаних в корпусі 1 і ширина цих пазів більша від діаметра наскрізних отворів 42. На торцевій поверхні плоского трипрофільного плоского кулачка 39 виконані три розміщені через  $120^\circ$  наскрізні отвори 44 для встановлення в них спеціального ключа для повороту трипрофільного плоского кулачка.

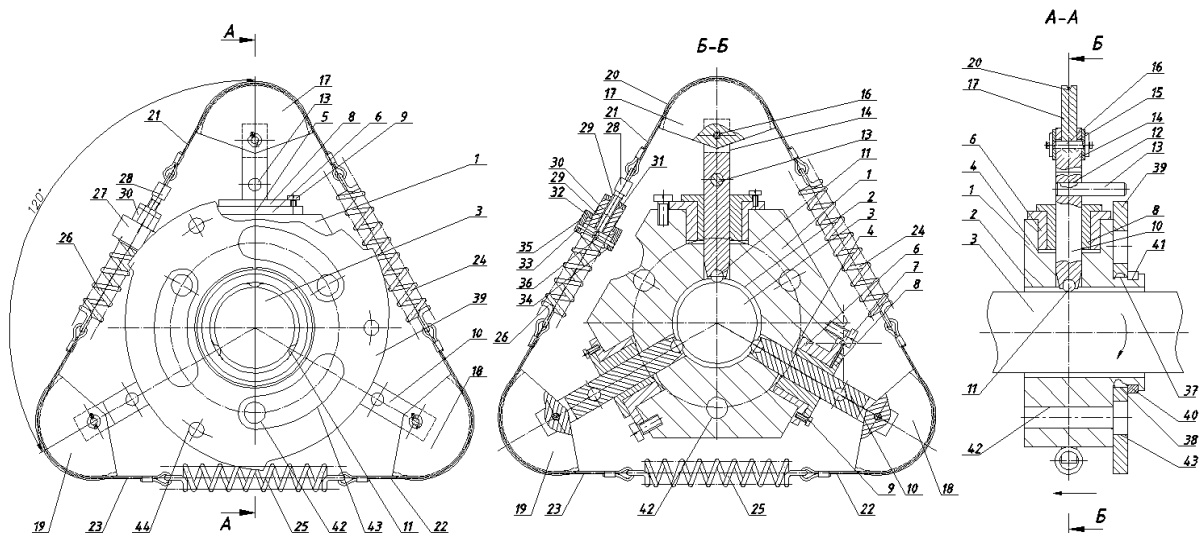


Рисунок 1. Інструмент для чистового фінішного оброблення зовнішніх циліндричних поверхонь поверхневим пластичним деформуванням

Використання запропонованого інструмента для чистового фінішного оброблення зовнішніх циліндричних поверхонь поверхневим пластичним деформуванням дає можливість сформувати необхідний вид мікрорельєфу оброблюваної поверхні, забезпечити її підвищену якість шляхом зменшення шорсткості, підвищити твердість і зносостійкість, що є економічно ефективним і доцільним при виробництві.

### **Література**

1. Паливода Ю. С., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б. Технологія оброблення валів: навч. посіб. – Тернопіль: ТНТУ, 2016. – 198 с.

2. Інструмент для чистового фінішного оброблення зовнішніх циліндричних поверхонь: пат. 108691 Україна. № а201311875 ; заявл. 09.10.2013 ; опубл. 25.05.2015, Бюл. № 10. 120 с.

**УДК 655.326.1+655.3.062**

**О.П. Шостачук**

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

## **ВПЛИВ НАЛАШТУВАНЬ ДРУКАРСЬКОГО АПАРАТУ ФЛЕКСОГРАФІЧНОЇ ДРУКАРСЬКОЇ МАШИНИ НА ЯКІСТЬ ДРУКОВАНОЇ ПРОДУКЦІЇ**

**D.S. Hrytsenko**

### **THE INFLUENCE OF SETTINGS OF PRINTING APPARATUS OF A FLEXGRAPHIC PRINTING MACHINE ON QUALITY OF PRINTED PRODUCTION**

Флексографічний спосіб друку широко використовується в сучасному поліграфічному виробництві для задруковування гнучких паковань великими тиражами. Це обумовлене такими особливостями даного способу друку, як швидкість, економічність, порівняно невисока вартість обладнання. У зв'язку із сучасною тенденцією зростання вимог замовників до якості продукції актуальним є питання забезпечення відповідності виготовлюваної друкованої продукції найвищим стандартам якості. У даному дослідженні було систематизовано вплив налаштувань друкарського апарату флексографічної друкарської машини на показники якості друкованої продукції [1-3, 5] з урахуванням типових дефектів, спричинених налаштуваннями друкарського апарату [4]. Для цього було визначено групи налаштувань – системи подачі фарби, тиску та стрічкопровідної системи. Кожну групу налаштувань було розподілено на підгрупи. Після цього було визначено вплив кожної групи та її елементів на властивості фарби та задрукованого матеріалу у процесі друку, а також на колірні показники відбитку і точність його відтворення. Визначені зв'язки між налаштуваннями друкарського апарату машини і показниками якості відбитка дозволили створити узагальнену схему, яка наведена на рис. 1.

Як видно з рис. 1, параметри налаштувань системи подачі фарби (швидкість, частота обертання фарбових валиків, їхнє зусилля притиску між собою, наявність захисних кожухів) впливають на реологічні та друкарсько-технічні властивості фарби, які, у свою чергу, обумовлюють колірні показники відбитка і точність відтворення зображення. Налаштування тиску в друкарському процесі (між формним циліндром і передавальним валиком, між накочувальним анілоксовим і дукторним валиком) впливають на точність відтворення зображення, тоді як тиск у зоні друкарського контакту – на колірні показники друкованого відбитка. Налаштування стрічкопровідної системи друкарської машини (зусилля притиску тягнучих роликів, їх чистота, відсутність сторонніх предметів на їх поверхні, положення) впливають на рівність задрукованого матеріалу і відсутність його зміщення. Крім того, чистота тягнучих роликів також впливає на відсутність зморшок на задрукованому матеріалі. Сила натягу задрукованого матеріалу впливає на точність відтворення друкованого зображення, у той же час рівномірність натягу задрукованого матеріалу між секціями визначає рівність та відсутність зміщення задрукованого матеріалу.

Таким чином, було визначено вплив налаштувань друкарської секції флексографічної друкарської машини на показники фарби та задрукованого матеріалу під час друку, а також на показники якості відбитка. Результати досліджень дають можливість керувати якістю відбитка у процесі друку і досягати необхідної якості друкованої продукції, виготовленої флексографічним способом друку, шляхом налаштування друкарського апарату флексографічної друкарської машини.

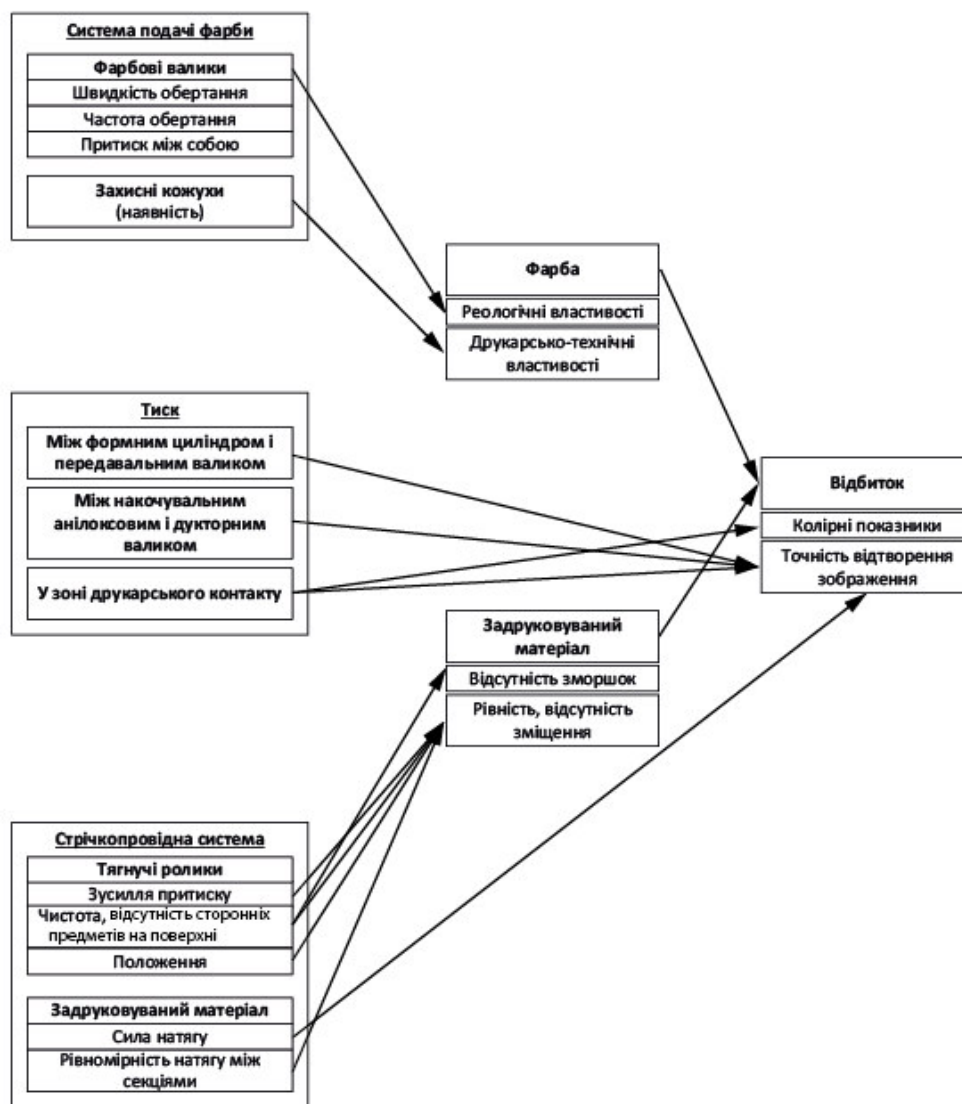


Рисунок 1. Схема взаємозв'язку налаштувань друкарського апарату флексографічної друкарської машини і параметрів якості відбитку

## Література

1. Дорош А. К. Контроль якості технологічних процесів та устаткування флексографічного способу друку : монографія / А. К. Дорош, Т. В. Розум. – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – 204 с.
2. Крауч Дж. Основы флексографии / Дж. Крауч. – М.: Изд-во МГУП, 2004. – 165 с.
3. Флексография. Принципы и практика / Пер. с англ.; под ред. Е. И. Касперской. – К.: Техника, 1973. – 272 с.
4. Шостачук О. П. Усунення дефектів флексографічної продукції пов'язаних з налаштуваннями друкарського апарату / О. П. Шостачук // XXIII Міжнарод. наук.-практ. конф. з пробл. вид.-полігр. галузі : тези доп., Київ 24 листопада 2016 р. – К. : УкрНДІСВД, 2016. – С. 165–167.
5. Ярема С. М. Флексографія: Обладнання. Технологія: Навч. посібник / С. М. Ярема. – К.: Либідь, 1998. – 312 с.

УДК 624.012.44

І.П. Щадило

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ВПЛИВ ПРОЦЕНТА АРМУВАННЯ ТА КЛАСУ БЕТОНУ НА МІЦНІСТЬ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ

I.P. Shchadylo

### INFLUENCE OF THE PROCESS OF ARMING AND CONCRETE CLASS ON STRENGTH REINFORCED CONCRETE ELEMENTS

Метою роботи є теоретичне дослідження на основі деформаційної моделі із екстремальним критерієм міцності зігнутих ЗБЕ у нормальному перерізі та характеристик бетону стиснутої зони в граничному стані, в тому числі і деформації  $\epsilon_{bu}$  з урахуванням впливу процента армування при одиничному та подвійному армуванні, класу міцності бетону, і порівняння отриманих результатів з аналогічними експериментальними значеннями  $\epsilon_{bu}$  [1].

Дослідження обмежувалося задачею перевірки міцності нормального перерізу. Для визначення напружень, деформацій та інших характеристик перерізу ЗБЕ, розрахунок виконано згідно [2, 3].

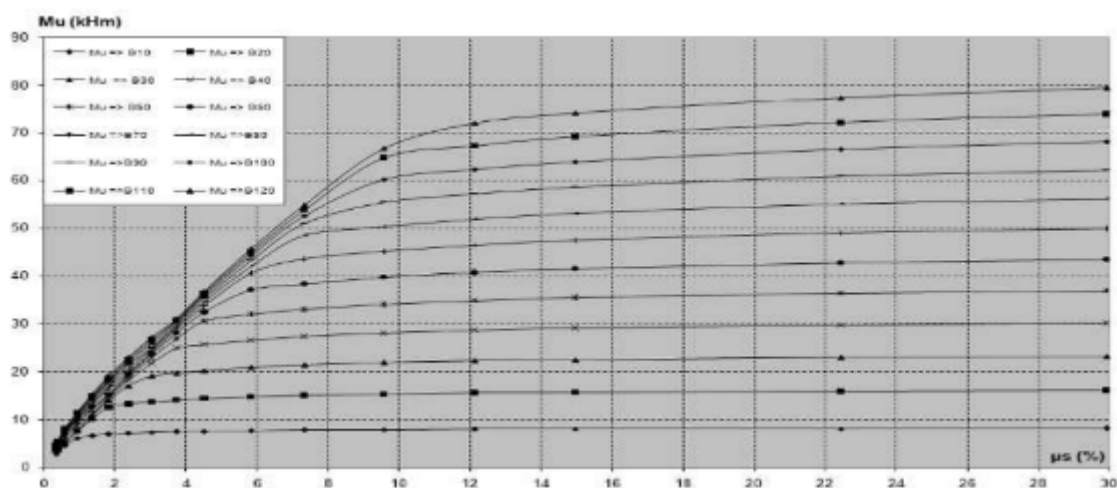


Рисунок 1. Зміна міцності в нормальному перерізі  $M_u$  від  $\mu_s$

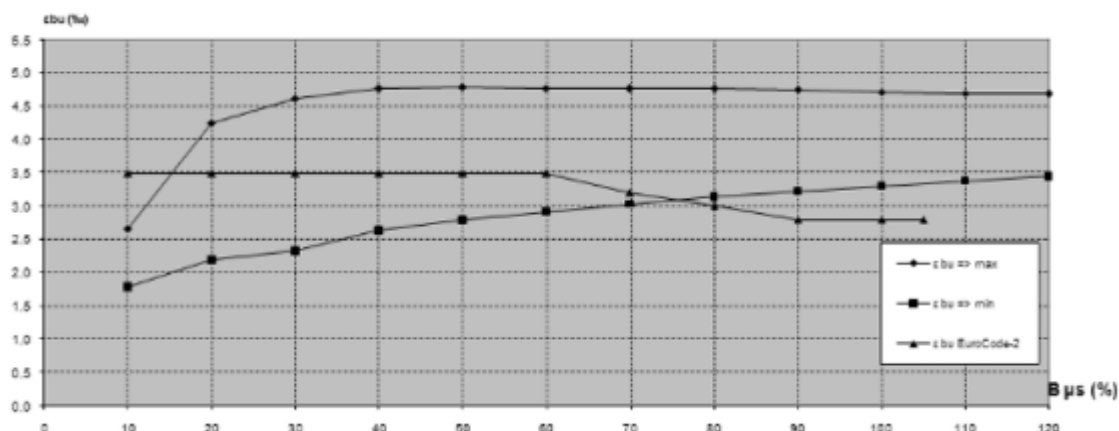


Рисунок 2. Зміна деформацій в найбільш стиснутій фібрі бетону від класу бетону  $B$  і процента армування  $\mu_s$

На рисунках 1 і 2 показані, відповідно, криві залежностей міцності зігнутих ЗБЕ у нормальному перерізі та деформації  $\epsilon_{bu}$  від класу міцності бетону В та процента армування, значення яких обчислені за методикою на основі ДМ із ЕКМ. При цьому форма поперечного перерізу ЗБЕ приймалась прямокутною з постійними розмірами в плані 0,12×0,18 м. Армування приймалось одинарним та подвійним без урахування попереднього напруження. Клас арматурної сталі приймався однаковим – А400С [1].

- Клас бетону істотно впливає на міцність ЗБЕ, що згинаються. Переармування теж істотно впливає на міцність ЗБЕ, але лише до межі 15 %. Подальше збільшення процента армування в нормальному перерізі з бетонами малої і середньої міцності практично не впливає на міцність ЗБЕ. Для високоміцних бетонів подальше збільшення процента армування впливає на міцність ЗБЕ не більше ніж на 7 % (рис. 1) [1];

- гранична деформація  $\epsilon_{bu}$  є залежною не лише від параметрів  $E_b$ ,  $R_b$ ,  $\epsilon_R$  бетону, але і характеру ПДС ЗБЕ, кількості арматури  $A_s$  і  $A_{s'}$ , форми перерізу, характеру діаграми арматури, попереднього напруження та інших чинників, що враховується лише у ДМ із ЕКМ. Тому  $\epsilon_{bu}$  взагалі не є критеріальною величиною, яка визначає стан руйнування тільки бетону, а є одним з параметрів граничного стану нормального перерізу ЗБЕ і вона не може бути константою, так, як це прийнято в Eurocode-2 [1, 4];

– зниження у Eurocode-2 граничних деформацій стиснутого бетону  $\epsilon_{bu}$  для ЗБЕ із високоміцних бетонів напевно обумовлене підвищеною їх крихкістю та прийняте з метою забезпечення їх надійності. Це не узгоджується з експериментами і розрахунками за ДМ із ЕКМ. Урахування підвищеної крихкості таких ЗБЕ було б доречніше виконувати шляхом введення в розрахунки міцності підвищених коефіцієнтів надійності або понижених коефіцієнтів умов роботи, а не зниженням граничної деформації  $\epsilon_{bu}$  так, як це прийнято у Eurocode-2 [1, 4];

### **Література**

1. URL: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/4164/109.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

2. Митрофанов В.П. О методах определения предельной деформации бетона железобетонных элементов/ В.П. Митрофанов, А. А. Шкурупий, Д. Н. Лазарев // Науковий вісник будівництва: зб. наук. пр. – Х.: ХДТУБА, 2008. – Вип. 45. – С. 34–45.

3. Шкурупій О. А. Аналітичне визначення початкового модуля пружності бетону / О. А. Шкурупій // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: збірник наукових праць. – Рівне: НУВГП, 2010. – Вип. 20. – С. 354–358.

4. Eurocode 2: Design of Concrete Structures. EN 1992 – 1.1: General Rules and Rules for buildings. – Brussels: CEN, 2004. – 226 p.

УДК 621.923.5

**В.А. Мажара канд. техн. наук, доц., К.К. Щербина канд. техн. наук, ст. викл., Я.І. Стаднік**

Центральноукраїнський національний технічний університет, Україна

## **ДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ КУЛЬКОВО-КЛИНОВОЇ ХОНІНГУВАЛЬНОЇ ГОЛОВКИ**

**V.A. Mazhara, K.K. Shcherbyna, Y.I. Stadnik**

### **DYNAMIC ANALYSIS OLLER WEDGE HONING HEAD**

У результаті аналізу традиційних конструктивних схем хонінгувальних головок визначено [1], що вони працюють в умовах перехідного режиму та не забезпечують достатньо точного регулювання радіального розміру у зв'язку з наявністю інерційності в умовах перехідного процесу. Це негативно впливає на точність процесу регулювання в умовах адаптації процесу обробки [1], особливо при обробці отворів діаметром від 10 до 50 мм з адаптацією по зміні величини сил різання в зоні обробці. Якщо усунення впливу інерційності при обробці отворів діаметром від 10 до 30 мм вдалося за рахунок використання пружно-гвинтового хону [2], то при обробці отворів в діапазоні від 30 до 50 мм пружно-гвинтовий хон не має значних переваг у порівнянні з традиційними хонінгувальними головками. Дослідження інерційності роботи кульково-клинового хону в умовах перехідного процесу. Дослідження динамічних характеристик СРРР будемо проводити у відповідності до теорії автоматичного управління [1]. Для цього нам необхідно визначити рівняння передавальної функції в динаміці. Розглянемо кінцеву ланку клинового хону у вигляді кульково-клинкової кінематичної пари (рис.1, а). Зображено схему дії сил у клиновій кінематичній парі та графік залежності зміни сили тертя від швидкості переміщення і коефіцієнту тертя. Для знаходження динамічних властивостей кінцевої ланки необхідно визначити рівняння передавальної функції  $W$ , але для цього необхідно визначити статичні характеристики. Для початку складемо рівняння передавальної функції кінцевої ланки в кінематиці. Визначимо значення радіальної сили в статистиці для подальшого визначення її дії в динаміці.

$$P_{XK} = \frac{P_{ZK}}{\operatorname{tg}(\alpha + \operatorname{arctg} D * \operatorname{tg} \alpha) + \operatorname{tg} \varphi_1 D} \quad (1)$$

де:  $P_{ZK}$  – осьова сила ;

$\alpha$  – кут підйому клина;

$D$  – діаметр кульки;

$\varphi_1$  – кут тертя між кільками циліндричної частини клина і корпусу.

Значення сили тертя при малих переміщеннях буде змінюватися від величини зміни швидкості переміщення виконавчих елементів, що підтверджується залежністю, яка наведена у відповідності до робіт проф. Пуша В.Є, Крагельского І.В.[3]. Так, дане значення сил тертя вказує, що зміна коефіцієнту тертя в межах перехідного процесу має нелінійну складову, тому необхідно здійснити її лінеаризацію використовуючи методики теорії автоматичного управління.

Після лінеаризації наведеної залежності зміни сил тертя, отримано наступне рівняння [1]:

$$P_{FK} = \frac{ds_k}{dt} \frac{\operatorname{tg} \varphi_1}{\operatorname{arctg} D} \operatorname{tg} \alpha \quad (2)$$

де:  $\frac{ds_k}{dt}$  – швидкість переміщення (перша похідна від переміщення);

$\mu_k$  – коефіцієнт тертя клинової кінематичної пари  $\mu_k = \frac{\operatorname{tg} \varphi_1}{\operatorname{arctg} D} \operatorname{tg} \alpha$

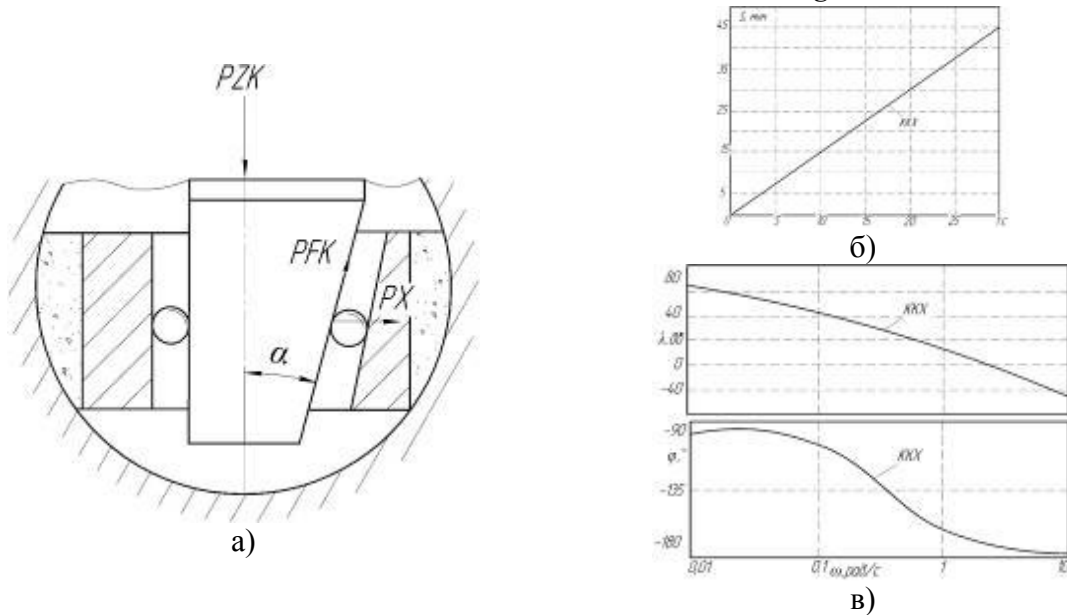


Рисунок 1 Кінцева ланка кульково-клинового хона та характеристика перехідного процесу

а) кінцева ланка б) перехідна характеристика; в) логарифмічно-частотні характеристики;

Враховуючи чи отримане рівняння радіальної сили та сили тертя кульково-клинової пари, визначимо рівняння її руху.

$$m_k \frac{d^2 s_k}{dt^2} = f_x U_\Sigma P_k - \frac{PZK}{\operatorname{tg} \alpha} - \frac{ds}{dt} \frac{\operatorname{tg} \varphi_1}{\operatorname{arctg} D} \operatorname{tg} \alpha \quad (3)$$

За рівнянням руху клинової кінематичної пари побудуємо перехідну характеристику (рис.1, б), та логарифмічні характеристики (рис.1,в) клинової кінематичної пари використовуючи програмний продукт Matlab

В результаті аналізу визначено, що передавальна функція кульково-клинової кінематичної пари в динаміці відповідає характеристичному рівнянню аперіодичної ланки другого порядку. Побудована перехідна характеристика кульково-клинової кінематичної пари, за якою було визначено, що вхідний і вихідний сигнал, має не значне розузгодження, що призводить до неточного переміщення в зворотньому напрямку у порівнянні с повною відсутністю в клиновій пари здійснювати зворотній рух.

### Література

1. 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.
2. Подгаецкий М.М. Особенности обработки прецизионных отверстий упруго-винтовым хонем// М.М. Подгаецкий, К.К. Щербина// Вестник Пермского Национального Исследовательского Политехнического Университета «Машиностроение, материаловедение». –2013. – Т.15 №2. – С. 30-39.
3. Пуш В.Є. Малые перемещения в станках. М. Машгиз. 1961.

УДК 621.91

Т.М. Щур, А.О. Дудко

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## СИНТЕЗ РІЖУЧИХ ПЛАСТИН КІНЦЕВИХ ФРЕЗ ТА ВІДРІЗНИХ РІЗЦІВ

T.M. Shchur, A.O. Dudko

### THE SYNTHESIS OF END MILLS AND CUTOFF TOOLS INSERTS

З метою підвищення точності та якості механічної обробки заготовок деталей машин актуальним залишається питання пошуку прогресивних конструкцій ріжучих інструментів, зокрема ріжучих пластин кінцевих фрез та відрізних різців. Для пошуку нових геометричних параметрів та механічних властивостей ріжучих пластин використано метод синтезу ієрархічних груп за допомогою модифікованого морфологічного аналізу [1]. У результаті проведеного аналізу впливу різних факторів на процес різання металів твердосплавними пластинами при використанні структурно-схемного синтезу із застосуванням морфологічного аналізу було визначено обмежену кількість складових елементів та зв'язків між ними, які представляють геометричні параметри та механічні властивості ріжучих пластин, на основі чого складено морфологічну матрицю. Вона поділена на стовпці, в заголовках яких представлені морфологічні ознаки елементів ріжучих пластин і зв'язки між ними, а до їх складу внесено альтернативи кожної ознаки без критичного аналізу. Обрані наступні основні морфологічні ознаки: форма ріжучої пластини, форма ріжучої кромки, радіус заокруглення ріжучої кромки (постійний або змінний), способи кріплення пластини, наявність додаткових канавок, адаптація ріжучої пластини до режимів різання та зовнішніх навантажень, наявність покриття ріжучих пластин та примусового охолодження. Загальна кількість синтезованих варіантів ріжучих пластин є значною,

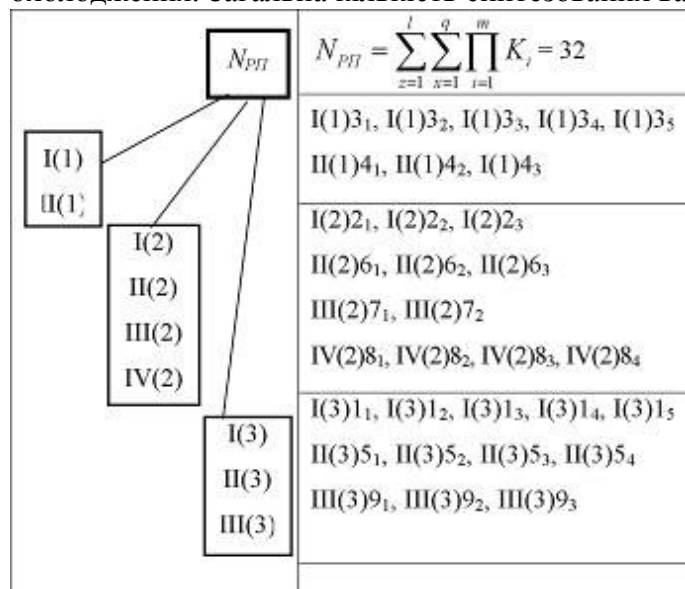


Рисунок 1. Модель механічної системи «Ріжучі пластини»: I- IV – відповідні підгрупи ієрархічного рівня; (1)-(3) – відповідні ієрархічні рівні

#### Література

1. Генерування конструкцій гвинтових механізмів методом морфологічного аналізу з ієрархічним групуванням / Р.М. Рогатинський, І.Б. Гевко, А.С. Дячун, А.Р. Вар'ян, А.Л. Мельничук, І.М. Шуст // Перспективні технології та прилади. – Луцьк, 2017. – Вип. 10. - С. 186-192.

тому для скорочення варіантів рішень використано метод синтезу ієрархічних груп з розбиванням їх на підгрупи за допомогою морфологічного аналізу (рис. 1), де кількість варіантів зменшується, проте зростає концентрація реальних варіантів, які можна впровадити у виробництво. Використовуючи даний метод синтезу, було розроблено конструкції ріжучих пластин, які підвищують точність та якість процесів фрезерування кінцевими фрезами та відрізання заготовок порівняно із стандартними ріжучими пластинами.



УДК 621.9

<sup>1</sup>Т.В. Сокульський, <sup>2</sup>А.В. Грабар

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

<sup>2</sup>ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут», Україна

## ДИНАМІЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ РОЗТОЧУВАННЯ ПРУЖНИХ ШАЙБ ВЕЛИКИХ ДІАМЕТРІВ

T.V. Sokulsky, A.V. Hrabar

### DYNAMIC MODEL OF THE PROCESS OF SUSPENSION OF THE LARGE RADIATOR DIAGNOSTICS

Для запису математичної моделі процесу розточування пружинних шайб великих діаметрів (ПШВД) необхідно задати такі припущення: деформації системи вважаємо пружними, а зведені жорсткості елементів системи – лінійними; зусилля різання в тангенційному та радіальному напрямках вважаємо прямопропорційними глибині різання; швидкість обертання пристрою для закріплення нежорсткої гвинтової деталі вважаємо постійною; деформацією згину пристрою для закріплення ПШВД нехтуємо; демпфуванням у системі нехтуємо внаслідок короткочасності ударного процесу різання; на ділянках врізання інструменту та його виходу глибина різання лінійно змінюється.

Розрахункову схему процесу різання зображено на рис. 1.1.

Згідно із вказаними припущеннями тангенціальна  $P_z$  та радіальна  $P_y$  сили різання визначаються за залежностями [1]:

$$\begin{cases} P_z = C_{pz}t, \\ P_y = C_{py}t, \end{cases} \quad \text{при } t > 0. \quad (1)$$

де  $C_{pz}$  і  $C_{py}$  - відповідно коефіцієнти пропорційності, які залежать від матеріалу деталі, швидкості різання, подачі, форми різця, змащувально-охолоджуючої рідини тощо;

$t$  - глибина різання.

З врахуванням координат зони врізання та виходу інструменту розрахункова глибина різання визначається за залежностями:

$$t_y = \begin{cases} t_0 \left( \frac{x}{l_1} \right), & 0 < x < l_1, \text{ (врізання)} \\ t_0, & l_1 \leq x \leq l_2, \\ t_0 \left( 1 - \frac{x - l_2}{l - l_2} \right), & l_2 < x < l, \text{ (вихід)} \\ 0, & x \leq 0 \text{ або } x \geq l, \end{cases} \quad (2)$$

де  $t_0$  - глибина різання для зняття розрахункового припуску;

$l = \frac{h}{\sin \gamma}$  - повна довжина різання;

$h$  - товщина тіла ПШВД;

$l_1$  і  $l_2$  - розрахункові координати зон врізання та виходу інструменту;

$x = u - z$  - координата розташування різця відносно тіла ПШВД;

$\gamma$  - кут підйому гвинтової лінії ПШВД на внутрішньому діаметрі.

Реальна глибина різання залежить також від радіального зміщення різцетримача  $u$  та радіального відходу ПШВД за рахунок його поперечного згинання  $\rho_{non}$ . В деякому наближенні  $\rho_{non}$  дорівнює:

$$\rho_{non} = (R_2 - R_1) \cdot \left( 1 - \cos \frac{u - v\tau}{R_2 - R_1} \right) \quad (3)$$

де  $R_2, R_1$  - радіуси отвору деталі відповідно до і після розточування;  
 $u$  - координата руху ПШВД;  
 $\tau$  - біжучий час.

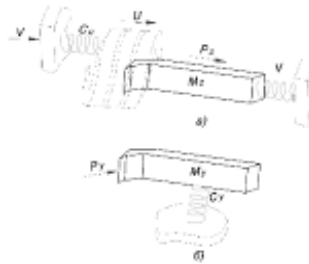


Рис. 1.1. Розрахункова схема в площині дії:  
 а) тангенційної сили  $P_z$ ; б) радіальної сили  $P_y$

Тоді дійсна глибина різання визначено:

$$t = t_y - \rho_{non} - y. \quad (4)$$

Диференціальні рівняння руху різцетримача у тангенційному та радіальному напрямках записано у такому вигляді:

$$M_z \ddot{z} = -c_z z + P_z; \quad (5)$$

$$M_y \ddot{y} = -c_y y + P_y, \quad (6)$$

де  $M_z, M_y$  - зведена маса різцетримача у тангенціальному та радіальному напрямках;

$c_z, c_y$  - зведена жорсткість різцетримача у тангенціальному та радіальному напрямках;

$z, y$  - тангенціальна та радіальна координати руху різцетримача.

Рівняння руху нежорсткої гвинтової деталі:

$$M_u \ddot{u} = -c_u (u - v\tau) - P_z, \quad (7)$$

де  $M_u$  - зведена маса витка нежорсткої гвинтової деталі до точки контакту з різцем;

$c_u$  - зведена жорсткість витка нежорсткої гвинтової заготовки в місці контакту з різцем;

$u$  - координата руху гвинтової заготовки;

$v$  - швидкість обертання пристрою для ПШВД.

Добутки відповідних жорсткостей на деформації пружних елементів визначають динамічні зусилля, які виникають в них. Координату ПШВД зручно відраховувати від моменту контакту, тому її початкове значення також є нульовим, а швидкість у цей момент дорівнює швидкості обертання пристрою для закріплення ПШВД.

$$\text{Тому } z_0 = 0; \quad y_0 = 0; \quad u_0 = 0; \quad \dot{z}_0 = 0; \quad \dot{y}_0 = 0; \quad \dot{u}_0 = v. \quad (8)$$

Розв'язок вказаної системи рівнянь можна здійснити аналітичним методом, розділивши процес обчислень на окремі етапи, на кожному з яких характеристики системи незмінні, та контролюючи зміну структурного стану системи із зміною глибини різання, кожен раз розв'язуючи одержану систему рівнянь з новими початковими умовами. Для практичного аналізу зручно застосувати стандартний чисельний метод інтегрування системи диференціальних рівнянь, наприклад, метод Рунге – Кутта. Для цього систему (5, 7) необхідно звести до системи (8) диференціальних рівнянь першого порядку, виконавши очевидні перетворення для заміни змінних.

### Література

1. Филоненко С.Н. Резание металлов. – Киев. «Техніка», 1975.- 232с.

**УДК 631.356:621**

**В.Д. Воліховський**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЮ ТЕХНІКОЮ**

**V.D. Volikhovskii**

### **PECULIARITIES APPLICATION SYSTEMS OF AUTOMATIC CONTROL OF AGRICULTURAL MACHINERY**

У сільському господарстві України, при створенні машинно-тракторних агрегатів та мобільних сільськогосподарських машин, вирішення технічних задач системи керування (СК) здійснюється, традиційно, на базі систем гідроавтоматики (СГА), технічною основою яких є спеціальна розподільча і контрольно-регулююча гідроапаратура в комплексі із засобами традиційного гідравлічного приводу – гідронасосами, гідромоторами, гідроциліндрами та іншим подібним устаткуванням. Найбільш широке застосування мають гідромеханічні і електрогідравлічні системи автоматичного керування (ГМ СК і ЕГ СК) робочих органів і технологічних процесів сільськогосподарських машин. На основі даних систем вирішується широкий перелік задач автоматизації сільськогосподарських машин. Однак, конструктивно-технологічний рівень реалізації всього переліку задач, які виконуються засобами гідроавтоматизації, залишається недостатнім.

Незважаючи на те, що розв'язання більшості задач автоматизації мобільної сільськогосподарської техніки пов'язане з гідравлічними СК, область застосування СГА має ряд обмежень, викликаних наступними причинами:

- специфікою технологічних процесів і умов експлуатації с/г машин;
- особливостями гідравлічної енергетичної бази в машинно-тракторному агрегаті;
- обмеженою номенклатурою і технічним рівнем гідроапаратури, доступної для застосування в СК.

Останні десятиліття у більшості країн світу ведуться активні розробки та практичне впровадження майже у всіх галузях народного господарства геоінформаційних систем (ГІС) та потужних програмних комплексів, що пов'язано з отриманням доступу до супутникових навігаційних систем GPS та інформації.

Сільськогосподарська галузь не є виключенням у цьому процесі, оскільки практично у всьому світі виробництво сільськогосподарської продукції здійснюється в умовах дії природних факторів ризику, що, як правило, знижує продуктивність рослинництва, збільшує витрати невідновувальної енергії на виробництво продукції рослинництва.

Це зумовлює необхідність розробки та впровадження нового технологічного підходу в сільському господарстві, створення автоматизованих технічних засобів для виробництва продукції рослинництва, які забезпечили б як найповніше використання генетичного потенціалу оброблюваних культур, ефективний захист ґрунту, рослин та навколишнього середовища від різних факторів ризику.

Кінцевою метою розвитку даних систем землеробства є розробка ефективних технологій диференційованого впливу на систему «ґрунт – рослина - навколишнє середовище», в яких ставиться завдання створення і використання принципово нових автоматизованих засобів, що забезпечують раціональне використання трудових, енергетичних та інших ресурсів, що знижують антропогенний вплив на систему «ґрунт – рослина - навколишнє середовище» до безпечного рівня.

УДК 631.353

Д.О. Грушко, М.Я. Сташків, канд. техн. наук, доц.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ОБҐРУНТУВАННЯ КІНЕМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РОТАЦІЙНИХ ГРАБЛІВ

D.O. Grushko, M.Y. Stashkiv, Ph.D., Assoc. Prof.

### REASONING OF THE ROTATIONAL RAKES CINEMATIC PARAMETERS

У процесі згрібання скошене сіно поступово накопичується попереду граблини ротора у вигляді окремих порцій. Перші порції сіна міцно зчіплюються із зубами граблिन, а подальші порції сіна утримуються від взаємного зсуву лише силою тертя.

При цьому на порцію сіна масою  $m$  діють такі сили: сила тяжіння  $G = mg$ ; сила тертя по стерні  $F_1 = f_1 mg$ ; відцентрова сила  $I = m^2 r$ ; сила Коріоліса  $k = 2m\omega^2 r$  і зумовлена нею сила тертя однієї порції сіна по іншій  $F_2 = 2f_2 m\omega^2 r$  (де  $f_1$  і  $f_2$  – коефіцієнти тертя сіна по стерні і сіна по сіну,  $f_1 = f_2 = 0,75$ ;  $r$  і  $r'$  – радіальна координата і швидкість радіального переміщення порції сіна по стерні;  $\omega$  – кутова швидкість центру мас граблини). Рівняння руху матеріалу відносно рухомого радіуса можна записати у вигляді лінійного неоднорідного диференційного рівняння другого порядку:

$$m\ddot{r} = I - F_2 - F_{1n}f_2 - F_{1p}, \quad (1)$$

або в розгорнутому вигляді:

$$m\ddot{r} = m\omega^2 r - 2f_2 m\omega r - f_1 f_2 mg \cos v - f_1 mg \sin v, \quad (2)$$

Звідки при  $\omega r \gg v \gg r$ ;  $v \rightarrow 0$ ;  $\sin(v) \rightarrow 0$ ;  $\cos(v) \rightarrow 1$ :

$$\ddot{r} + 2f_2 \omega \dot{r} + f_1 f_2 g - \omega^2 r = 0. \quad (3)$$

Зважаючи, що рух порції сіна продовжується до тих пір, доки її центр ваги не переміститься за границі граблини (на величину  $r = B$ ) і за цей час граблина повернеться на кут  $\alpha = \omega t_1$ , після ряду перетворень із рівняння (3) одержимо граничну швидкість  $\omega_{max}$ , при якій відбувається формування якісного валка

$$\omega_{max} = \sqrt{2f_1 f_2 g / [2R + BQ_1 / (1 - Q_1)]}, \quad (4)$$

Відомо, що хорошу якість ворущіння отримують при поступальній швидкості машини 9 км/год і коловій швидкості пружинних пальців 6 м/с. Із збільшенням колової швидкості пальців трава розкидається на більшу відстань і може потрапляти на сусідні прокоси: на поверхні поля утворюватимуться пусті місця. При зменшенні колової швидкості пальців дальність польоту трави зменшується, і, як наслідок, зменшується ширина розкидання трави, що, в поєднанні з роботою пружинних пальців другого ротора, які мають аналогічну траєкторію, приводить до утворення валка.

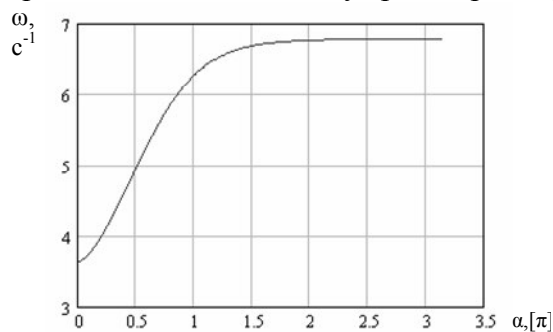


Рисунок 1. Зміна кутової швидкості граблини

Прийнявши в першому наближенні колову швидкість руху граблини 6 м/с при відомому радіусі ротора  $R=0,7$  м та ширині граблини  $B=0,24$  м, за рівнянням (4) будемо графічну залежність кутової швидкості граблини від кута повертання  $\alpha$  (рис. 1) і визначаємо максимальну кутову швидкість  $\omega_{max}$ , при якій відбуватиметься формування якісного валка:

$$\omega_{max} \approx 6,8 \text{ с}^{-1} \text{ при } \alpha > 2\pi.$$

**УДК 631.3:669.539**

**Д.О. Кременський, М.Я. Сташків, канд. техн. наук, доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **РОЗРАХУНОК РАМИ КОМБАЙНА БУРЯКОЗБИРАЛЬНОГО КБС-6 «ЗБРУЧ»**

**D.O. Creminsky, M.Y. Stashkiv, Ph.D., Assoc. Prof.**

### **THE BEET HARVESTER КБС-6 «ЗБРУЧ» FRAME CALCULATION**

Підвищення надійності машин є однією з найважливіших задач теорії і практики сільськогосподарського машинобудування. Вирішення цієї задачі має певні особливості у зв'язку з постійним ускладненням конструктивних та кінематичних схем машин.

При переході на однофазову технологію збирання цукрового буряка самохідними бурякозбиральними комбайнами, суттєво зросла вага споряджених машин з врахуванням корисного навантаження у порівнянні з базовими машинами, призначеними для двофазової технології збирання коренеплодів. Збільшення ваги техніки, інтенсифікація технологічних процесів вимагають нових підходів при проектуванні бурякозбиральних машин, ставить підвищені вимоги до рівня надійності та якості виготовлення їх основних несучих рамних конструкцій [1].

Конструкції несучих систем сільськогосподарської техніки мають ряд специфічних особливостей. Характерними для них є складна просторова геометрія, використання елементів різних типів, складний характер навантаження. Все це в значній мірі ускладнює вибір раціональних параметрів несучої системи. Вирішення цієї задачі присвячено роботи [2, 3].

Зараз для розрахунку несучих систем металоконструкцій розроблена і застосовується велика кількість різноманітних за складністю і точністю отриманих результатів методів. Для оцінки напружено-деформованого стану (НДС) застосовуються аналітичні методи, що базуються на теорії тонкостінних стержнів. На основі цієї теорії розроблені методи розрахунку рам з тонкостінних стержнів відкритого і закритого профілів з врахуванням деформованого і недеформованого контурів поперечного перерізу. 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. Переваги методу скінченних елементів, порівняно з традиційними числовими методами, полягають в простоті алгоритмізації, можливості повної автоматизації складання рівнянь, які розв'язуються, і отримання рішення для будь-яких складних комбінованих систем. Все це робить метод скінченних елементів найбільш універсальним методом, що відповідає в значній мірі вимогам до розрахунку рам.

За допомогою програмного комплексу «Ліра» методом скінченних елементів проведено оцінку напружено-деформованого стану основної рами бурякозбирального комбайну КБС-6Б «Збруч». Основна рама комбайна КБС-6 «Збруч» виготовлена із сталі 09Г2С товщиною 4 мм із підсилюючими накладками товщиною 4 мм крайніх повздовжніх балок в місцях переходу від просторової конструкції до плоскої

Проведений аналіз напружено-деформованого стану основної рами комбайна КБС-6Б «Збруч» показує, що одним зі найбільш небезпечних перетинів є місце переходу від просторової конструкції рами до плоскої (рис. 1). У вказаному перетині рама має майже 3-кратний запас міцності за згинальними напруженнями у вертикальній площині, навіть з врахуванням коефіцієнтів динамічності.

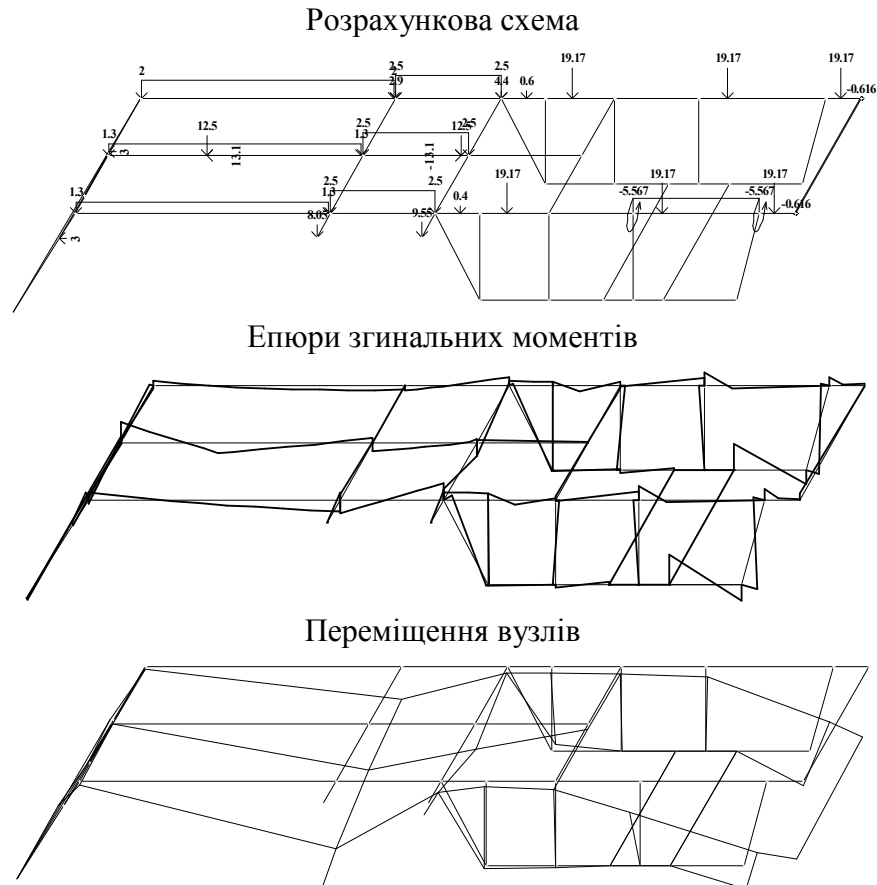


Рисунок 1. Аналіз НДС рами бурякозбирального комбайна КБС-6Б „Збруч”

Очевидно, що із врахуванням конструктивної концентрації напружень, початкової дефектності зварних швів, виникнення додаткових крутних моментів, рама матиме недостатній запас втомної міцності. Аналіз деформацій рами показав, що найбільші переміщення спостерігаються дещо лівіше переходу від плоскої до просторової частини рами. Найбільш ефективним шляхом підвищення несучої здатності рами є застосування просторової конструкції замість плоско – просторової.

#### **Література**

1. Рибак Т.І. Концепція пошукового конструювання мобільної техніки в АПК / Т.І. Рибак, П.В.Попович, М.Я. Сташків // Загальнодержавний міжвідомчий наук.-техн. зб. «Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин». – Вип. 39. – Кіровоград: КНТУ, 2009. – С. 40 - 47.
2. Попович П.В. Аналітична оцінка ресурсу несучих металоконструкцій сільськогосподарських машин / П.В. Попович, Т.І. Рибак, М.Я. Сташків // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка «Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва». – Харків, 2010. - Вип. 100. – С. 17 - 20.
3. Попович П.В. Моделювання експлуатаційної навантаженості несучих систем розкидачів добрив типу ПРТ-10 / П.В. Попович, М.Я. Сташків, Т.А. Довбуш // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка «Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва» – Харків: ХНТУСГ, 2014. - Вип. 151. – С. 367 - 372.

## **Секція: СУЧАСНІ ТЕХНОЛГІЇ НА ТРАНСПОРТІ**

**УДК 347.763.3**

**М.В. Бабій, канд. техн. наук, Р.Р. Ошуст**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### **АНАЛІЗ НОВИНОК СПЕЦТЕХНІКИ ДЛЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ**

**MV. Babii, Ph.D., R.R. Oshust**

#### **ANALYSIS OF NOVELTY OF SPECIAL MACHINERY FOR AUTOMOBILE TRANSPORTATION**

Аналізуючи ринок міжнародних автомобільних перевезень, одним з флагманів є транспортна компанія ПрАТ ТЕК “Західукртранс”. Послуги щодо доставки вантажів можна замовити по Європі чи сусідніх пострадянських країнах як у прямому так і у зворотному напрямках. Як вказано у рекламному проспекті, що автопарк компанії налічує понад 300 автомобілів Mercedes-Benz Actros класу Євро-5 та Євро-6. Серед них 240 одиниць з тентовими напівпричепами марок Koegel і Schmitz і 60 напівпричепів-рефрижераторів Schmitz, а також у власності компанії найсучасніші тентові мега напівпричепи [1].



Рисунок 1 – Рефрижераторний напівпричіп S.KO COOL [2]

Аналізуючи ринок пропозицій новинок автомобільної спецтехніки, бачимо що компанія Schmitz Cargobull представила рефрижераторний напівпричіп S.KO COOL, рис. 1 [2]. Для транспортних компаній, зокрема ПрАТ ТЕК “Західукртранс”, це відкриття нових можливостей в плані низькотемпературних перевезень вантажів на далекі відстані. Такий агрегат включає автономну холодильну установку Semitrailer Cooling Unit (S.CU) та оснащений телематичною ІТ-системою.

Використання високих технологій дозволяє завжди бачити місцезнаходження рефрижератора, знати параметри холодильної камери та керувати ними. Така необхідність може виникнути при зміні погодних умов, часу транспортування тощо. Крім того, з допомогою спеціальних додатків дистанційно можна контролювати ряд технічних параметрів напівпричепи: тиск в шинах та їх температуру, зношення гальмівних колодок; відкриття та блокування дверей рефрижератора і т.д.

Отже, новинку, що представлена компанією Schmitz Cargobull ряд експертів оцінюють дуже позитивно і це дозволяє нам її також рекомендувати компанії ПрАТ ТЕК “Західукртранс” для придбання та експлуатації у своєму парку. Це, в свою чергу, розширить можливості компанії щодо здійснення якісних вантажоперевезень при спеціальних умовах транспортування.

#### **Література.**

1. Західукртранс-міжнародні автоперевезення : [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://westukrtrans.com/uk/pro-kompaniyu-2/kompaniya-sogodni/>.

2. Автоцентр : [Електронний ресурс] / Юрій Гоголев, головний редактор журналу «Коммерческие автомобили». – Режим доступу: <https://www.autocentre.ua/ua/kommercheskie/novinka-kommercheskie/novinki-pritsepoj-tehniki-schmitz-cargobull-na-vystavke-iaa-2018-609496.html>.

УДК 656.131

П.В. Босюк, А.Р. Май, А.В. Кузів

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ОЦІННІ ПОКАЗНИКИ І НОРМАТИВНІ ВИМОГИ ГАЛЬМІВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ АВТОМОБІЛЯ

P.V. Bosiuk, A.R. May, A.V. Kuziv

### ESTIMATES AND REGULATORY REQUIREMENTS OF THE CAR'S BRAKING PROPERTIES

Гальмування - процес створення і зміни штучного опору руху автомобіля з метою зменшення його швидкості або втримання нерухомим щодо опорної поверхні.

Розрізняють екстрене (аварійне) і службове гальмування. Екстрене гальмування виробляється з максимальним для даних умов уповільненням ( $j=8-9 \text{ м/с}^2$ ), їхня кількість звичайно не перевищує 1-3% загальної кількості гальмувань.

Службове гальмування застосовують для плавного зменшення швидкості руху автомобіля або його планової зупинки. Воно виробляється з невеликими уповільненнями ( $j = 1,5-2,5 \text{ м/с}^2$ ), що забезпечує водієві і пасажирам необхідний комфорт.

Гальмівні властивості відносять до найважливіших експлуатаційних властивостей, що визначають активну безпеку автомобіля. Вони регламентовані міжнародними (Правила № 13 КВТ ЄЕК ООН) і національними стандартами як для нових автомобілів, так і для автомобілів, що експлуатуються.

Оцінними показниками ефективності робочої і запасної гальмівних систем є стале уповільнення  $j_{cm}$ , що відповідає руху автомобіля при постійному зусиллі натискання на гальмівну педаль в умовах, визначених стандартом, і мінімальний гальмівний шлях  $S_g$  (відстань, пройдена автомобілем від моменту натискання на педаль до зупинки). Для автопоїздів ще додають час спрацьовування  $\tau_{cn}$  (час від моменту натискання на гальмівну педаль до досягнення  $j_{cm}$ ) і величину сумарної гальмівної сили  $\Sigma P_g$ .

При стендових випробуваннях оцінними показниками є сумарна гальмівна сила  $\Sigma P_g$  і час спрацьовування або питома гальмівна сила  $\gamma_g = \Sigma P_g / G$  і час спрацьовування і коефіцієнт осьової нерівномірності гальмівних сил

$$k_n = (P_{zл.} - P_{zn.}) / (P_{zл.} + P_{zn.}) \quad (1)$$

де  $P_{zл.}$  і  $P_{zn.}$  - гальмівна сила на лівому і правому колесах автомобіля відповідно).

Оцінним показником стоянкової гальмівної системи є сила  $\Sigma P_g$ , допоміжної - стала швидкість на спуску з зазначеними в стандарті параметрами. За прийнятими на цей час стандартами випробування з визначення ефективності робочої гальмівної системи поділяють на три типи: випробування - тип 0, I і II. Випробування - тип 0 призначені для оцінки ефективності робочої гальмівної системи при "холодних" (температура барабана або диска менша ніж 100 °C) гальмівних механізмах. При випробуваннях тип I і II (тип II - тільки для категорій  $M_2$ ,  $M_3$ ,  $N_3$  і  $O_4$ ) визначають ефективність робочої гальмівної системи при нагрітих (за методикою стандарту) гальмівних механізмах. Для автомобілів, що знаходяться в експлуатації,  $j_{cm}$  зменшена приблизно на 25%, а  $\tau_{cn}$  збільшено до 0,5 с (для гальмівних систем з гідроприводом) і  $\tau_{cn} \leq 0,8$  с (з іншими типами приводу).

#### Література

1. Волков, В. П. Теорія руху автомобіля: підручник / В. П. Волков, Г. Б. Вільський. - Суми : Університетська книга, 2010. - 320 с.



УДК 656.131

П.В. Босюк, Б.Т. Бартош

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## МОДЕЛЬ НАДІЙНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ Й СКЛАДАННЯ ПРИЧЕПІВ

P.V. Bosiuk, B.T. Bartosh

### MODEL OF RELIABILITY OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF MANUFACTURE AND COMPOSITION OF ACCESSORIES

Модель надійності технологічного процесу виготовлення й складання, урахування оперативних складних умов (у вигляді обмеження на ймовірності операції), алгоритми оптимального визначення ймовірностей використовуються в системі управління (рис. 1), що включає підсистеми контролю й діагностування 7, обчислювальний комплекс 4 з підсистемами нагромадження, обробки, аналізу, прийняття й видачі керуючого впливу 4.1 й 4.2, підсистеми складання, ідентифікації оперативної інформації про технологічний процес 2 - 3, а також зовнішньої (експертної або рекламційної) інформації зі сфери експлуатації 5. Вимоги до підсистем 2 й 3 принципово відмінні від вимог до традиційних систем збору даних про відмови. Вони є основою для визначення форми прояву відмов (дефектів), установлення їхніх технологічних причин з метою напрацювання заходів щодо їхнього попередження. На підставі переліку ознак дефектів, що відповідають вимогам вірогідності й повноти, розроблено засоби контролю й системи діагностування, а також чіткий класифікатор форм прояву відмов і дефектів.

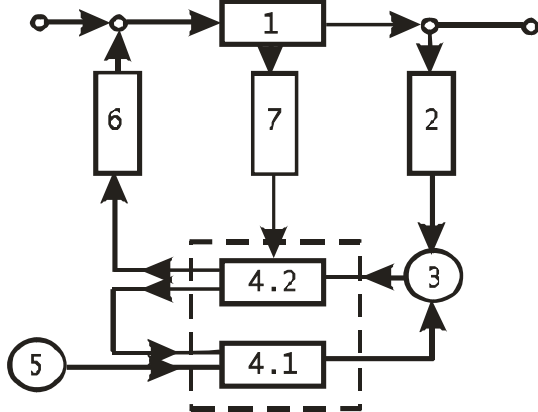


Рисунок 1 - Схема системи управління технологічним процесом виробництва причепів

Система контролю й діагностування стає замкнутою і діючою, комплексно вирішує цільові завдання тільки у тому випадку, коли забезпечується вирішення проблеми діагностування на всіх етапах життєвого циклу виробів. При цьому велике значення мають глибина й вірогідність діагностування з урахуванням підвищення контролепридатності транспортних засобів завдяки використанню устаткування, убудованих датчиків й апаратури. Виходячи із цього, на етапі проектування доцільно рекомендувати: проектувати весь автопоїзд із урахуванням контролепридатності;

документацію на систему технічного діагностування зробити складовою частиною проектної документації на автопоїзд; вивчити як сам об'єкт діагностування, так і його дефекти, їхні ознаки, прояви, симптоми; розглянути модель справного об'єкта, модель несправних модифікацій, що виникають у результаті технологічних порушень на стадії виробництва й експлуатаційних ситуацій; розробити систему діагностування, алгоритм, технологію.

#### Література

1. Фаробин Я.Е., Якобашвили А.М., Иванов А.М. и др. Трехзвенные автопоезда / Под общ. ред. Я.Е. Фаробина. – М.: Машиностроение, 1993. – 224 с.

**УДК 658.7**

**Н.І. Борисюк, Я.В. Литвиненко канд. тех. наук, доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

## **ЗАСТОСУВАННЯ ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ В ЛОГІСТИЦІ**

**N.I. Borisyuk, I.V. Lytvynenko Ph.D., Assoc. Prof.**

### **APPLICATION OF INTERNET OF THINGS IN LOGISTIC**

У двадцять першому столітті логістична галузь стикається з низкою конкурентоспроможних і складних завдань. До таких, зокрема, відносяться: висока ефективність надання послуг, максимальна адаптація до потреб споживача, як постачальники логістичних послуг здійснюють зберігання, відстеження, поставку товарів, а також про засоби експлуатації та безпеки. На реалізацію цих цілей все більше впливає використання інноваційних технологій. Однією із таких технологій, що має високий потенціал та вплив на логістичну діяльність є Internet of Things (IoT) [1].

В даній доповіді описано можливості застосування Internet of Things (IoT) в сферу логістики.

Технології IoT відкривають безмежні можливості, зокрема і в логістиці. Раніше складські обладнання не містили датчиків і звичайно не були під'єднані до мережі Інтернет. Наприклад вантажопідійомники та інше обладнання не обробляли та не зберігали інформацію. Тим не менш, інформація та дані про їх використання приховані у кожному із видів складського обладнання. Для прикладу підключений навантажувач може попередити менеджера складу про можливі несправності або ризики для безпеки, чи про розташування запасів на складі. Щоб це було можливим, IoT охоплює різноманітний спектр технологій, які вже змінюють роботу логістичних компаній, зокрема це активні і пасивні мітки RFID (мітка радіочастотної ідентифікації), які надають дані про елементи, до яких вони прикріплені. На кожен з предметів, що потрібно розпізнати, нанесена RFID - мітка (транспондер), на якій зберігається вся інформація про конкретний об'єкт і міститься його унікальний ідентифікаційний номер. За допомогою пристрою під назвою «reader» (зчитувач RFID - мітки) відбувається збір інформації та її передача

Підводячи підсумки, можна сказати що головною особливістю IoT, є - повна автоматизація ресурсів, їх взаємодію між собою. Для того, щоб залишатися конкурентоспроможними на ринку послуг, великі логістичні провайдери, такі як Amazon, DHL, UPS, FedEx ефективно впроваджують дану концепцію всередині компанії. Застосування радіочастотних датчиків на вантажах зменшує час пошуку і передачу потрібної інформації. Крім того, сьогодні клієнти все частіше вимагають інноваційних підходів, що також сприяє більш швидкому процесу застосування технологій IoT в логістиці.

#### **Література**

1. Logistics innovation: a literature-based conceptual framework. Scott J.Grawe. International Journal of Logistics Management, Vol. 20 No 3, pp. 360-377.

2. Internet of Things in Logistics. A Collaborative Report by DHL and Cisco on Implications and Use Cases for the Logistics Industry (2016). dhl.com. Retrieved from [http://www.dhl.com/content/dam/Local/Images/g0/New\\_aboutus/innovation/DHLTrendReport\\_Internet\\_of\\_things.pdf](http://www.dhl.com/content/dam/Local/Images/g0/New_aboutus/innovation/DHLTrendReport_Internet_of_things.pdf)

3. Madakam, S., Ramaswamy, R., & Tripathi, S. (2015) Internet of Things (IoT): A Literature Review. Journal of Computer and Communications, 3, 164-173

УДК: 351.31

**Х.С. Будна, В.О. Дзюра, канд. техн. наук, доц., Н.Б. Гаврон**

Тернопільський національний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **РОЗВИТОК АВТОТРАНСПОРТУ НА ОСНОВІ ВПРОВАДЖЕННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ПАЛИВА**

**H.S. Bydna, V.O. Dzyura, Ph.D., Assoc. Prof., N.B. Havron**

## **РОЗВИТОК АВТОТРАНСПОРТУ НА ОСНОВІ ВПРОВАДЖЕННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ПАЛИВА**

В сучасних умовах у транспортній системі існує нагальна необхідність удосконалення механізму використання альтернативних джерел палива. Екологічні проблеми та низька зацікавленість суспільства є головними причинами слабого розвитку технологій альтернативного палива, ефективність якого доведена світовим досвідом [1]. Україна – одна з шести країн Східного партнерства, де динаміка забруднення навколишнього середовища погіршується з року в рік. Слід зауважити, що на частку відпрацьованих газів автомобілів доводиться 60-85% шкідливих речовин, які викидаються в атмосферу.

Зниження темпів видобутку нафти, її низька рентабельність є причиною різкого збільшення вартості нафтопродуктів. Зазначені тенденції стають причиною пошуку альтернативних видів палива, не нафтового походження.

Серед альтернативних джерел палива в першу чергу слід зазначити спирти, зокрема метанол та етанол, які можна застосовувати не тільки як добавку до бензину, але і в чистому вигляді.

Головними переваги етанолу та метанолу є висока детонаційна стійкість та добрий коефіцієнт корисної дії (ККД) робочого процесу, а також використання спиртів в якості автомобільного палива вимагає незначної переробки двигуна.

Етанол (ще називається етиловим спиртом або хлібним спиртом) є альтернативним видом палива, його можна змішувати з бензином для отримання палива з більш високим октановим числом і меншим змістом шкідливих речовин у викидах в порівнянні з чистим бензином.

Останнім часом все більш широке розповсюдження отримують альтернативні біопалива. В даний час на ринку біопаливо коштує стільки ж, скільки і бензин. Тим не менш, у використанні біопалива більше переваг, оскільки це більш чистий вид палива, він виробляє менше викидів при спалюванні. Біопаливо можна адаптувати до існуючих конструкцій двигунів, яке буде добре використовуватися в будь-яких умовах. При цьому таке паливо краще для двигунів, воно знижує загальні витрати на контроль за забрудненням двигуна і, отже, його використання вимагає менше витрат на технічне обслуговування.

Широкого значення набула ідея використання чистого водню та вуглеводневмісних палив (синтез-газ  $H_2+CO$ ). Зацікавленість до водневого палива пояснюється тим, що на відміну від інших – це найпоширеніший в природі елемент. Особливе значення має використання водневих паливних елементів на водному транспорті. Морські судна є найбільшими виробниками парникових газів та інших шкідливих для екології речовин. Тому завдання переоснащення цього виду транспорту на екологічно чисті види палива стоїть на першому місці в процесах технічного прогресу.

Нові технології переробки відкривають нові можливості для виготовлення

малосіркових дизельних палив на основі біомаси. Біомаса може бути отримана з насіння їстівних та неїстівних маслинних культур, морських водоростей і бактерій, опалого листя, гілок та плодів старих дерев, відходів лісопереробної промисловості, залишків зібраного врожаю технічних культур, відходів харчової промисловості, кулінарії та твердих побутових відходів та ін. Біомаса, отримана з таких джерел, може бути перетворена в газоподібне та рідке паливо. Головний плюс такого виду палива полягає в тому, що воно поновлюване.

Альтернативним джерелом енергії також є електрика, електрична енергія виробляється за рахунок електрохімічної реакції, одержуваної від з'єднання водню і кисню. Відповідно не відбувається жодного внутрішнього згоряння та шкоди навколишньому середовищу.

Таким чином, при використанні альтернативних видів палива отримуємо ряд позитивних змін, а саме:

- зниження собівартості транспортних перевезень;
- зниження витрат на ремонт двигунів;
- зниження імпорту енергоносіїв;
- зменшення економічного збитку від забруднення атмосфери міст;
- підвищення енергетичної незалежності і безпеки

Підсумовуючи, варто зазначити, що запаси нафти катастрофічно закінчуються, і вже зрозуміло, що настає завершення нафтової ери. Це змушує вже сьогодні серйозно задуматися про впровадження альтернативних джерел енергії. Переведення транспортних засобів на альтернативні види палива дозволить не лише покращити екологічний стан регіону, але й заощаджувати фінансові кошти державних і комерційних організацій.

### **Література**

- 1 Кирилов Н. Г. Альтернативные моторные топлива XXI века / Н. Г. Кирилов // Автогазозаправочный комплекс + альтернативное топливо, 2003.– 58–63с.
2. Альтернативні палива та інші нетрадиційні джерела енергії / О.Адаменко, В. Височанський, В.Льотко, М. Михайлов. Під ред. докт. техн. наук, проф. В. Льотко. Підручник для енергетичних і екологічних спеціальностей вищих навчальних закладів. Івано-Франківськ, “Полум'я”, 2000.– 225 с.
3. Семенов В.Г. Определение теплоты сгорания биотоплив растительного происхождения. – Физические и компьютерные технологии в народном хозяйстве. – Труды 4-й Международной научно-технической конференции, 23-24 октября 2001 г. – Харьков: ХНПК “ФЭД”, 2001.– с. 250-253.
4. Льотко В. Н. Применение альтернативных топлив в двигателях внутреннего сгорания / Льотко В. Н., Луканин В. Н., Хачиян А. С. – М: Изд-во МАДИ (ТУ), 2000. – 311 с.
5. Руденко В.П. Природно-ресурсний потенціал України. — К.: Либідь, 1994.— 150с.
6. Аксьонов І.Я., Аксьонов В.І. Транспорт та охорона навколишнього середовища. - М.: Транспорт, 2000.

**УДК 504:656**

**Ю.Я. Вовк, канд. техн. наук, доц., І.П. Вовк, канд. екон. наук, В.А. Крайничин**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **СТРАТЕГІЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ**

**Yuriy Vovk, Ph.D., Assoc. Prof., Iryna Vovk, Ph.D., Volodymyr Kraynychyn**  
**STRATEGY FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF UKRAINE'S**  
**TRANSPORT**

Сталий розвиток (англ. Sustainable development) – загальна концепція стосовно необхідності встановлення балансу між задоволенням сучасних потреб людства і захистом інтересів майбутніх поколінь, включаючи їх потребу в безпечному і здоровому довкіллі. Як сформулювала визначення сталого розвитку у своїй доповіді Комісія Брундтланд, це "розвиток, який задовольняє потреби нинішнього покоління без шкоди для можливості майбутніх поколінь задовольняти свої власні потреби".

Сталий розвиток — це керований розвиток. Основою його керованості є системний підхід та сучасні інформаційні технології, які дозволяють дуже швидко моделювати різні варіанти напрямків розвитку, з високою точністю прогнозувати їх результати та вибрати найбільш оптимальний.

Сталий розвиток транспорту – це насамперед його гармонійний розвиток, тобто такий, що передбачає гармонізацію економічного, соціального й екологічного підходів; їх узгодження та переклад на мову конкретних заходів, які є засобами досягнення сталого розвитку транспортної системи – завдання величезної складності, оскільки всі його елементи повинні розглядатися збалансовано. Отже, сталий розвиток транспорту – це керований розвиток, основою реалізації якого є системний підхід та сучасні інформаційні технології, які дають змогу з високою точністю прогнозувати їхні результати та вибрати найбільш оптимальні напрями розвитку [1].

Мета стратегії сталого розвитку транспорту Україні полягає у розвитку сталого вантажного і пасажирського транспорту та відповідної транспортної інфраструктури в усіх регіонах України з думкою про теперішнє і майбутні покоління з метою сприяння сталому розвитку регіонів за умов уникнення, зменшення, пом'якшення і компенсування негативних екологічних та соціально-економічних наслідків розвитку транспорту та відповідної інфраструктури.

Враховуючи сьогоднішній стан справ в галузі та виходячи з мети стратегії сталого розвитку транспорту, можна запропонувати наступне визначення: сталий розвиток транспорту – це керований розвиток вантажного і пасажирського транспорту та відповідної транспортної інфраструктури в усіх регіонах країни, на засадах науки ресурсономіки [2], системного підходу та інтелектуальних інформаційних технологій, для уникнення, зменшення, пом'якшення і компенсування негативних екологічних та соціально-економічних наслідків від здійснення транспортних процесів та діяльності відповідної інфраструктури.

Таке визначення сталого розвитку транспорту гармонізує із класичним визначенням сталого розвитку.

### **Література**

1. Бойко О.В. Сталий розвиток транспортної системи України / О.В. Бойко, З.П. Дзуліт // Науковий вісник НЛТУ України. – 2013. – Вип. 23.18. – С. 94-103.

2. Вовк, Ю. Я. (2012). *Ресурсономіка: теоретичні та прикладні аспекти: Монографія* / Андрушків Б.М., Вовк Ю.Я., Вовк І.П., Паляниця В.А. та ін. Тернопіль: ТОВ" Терно-Граф, 456.

**УДК 621.436**

**О.Р. Кебелюк С.М. Каськів**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ**

**O.R. Kebelyuk S.M. Kaskiv**

## **THE STAND FOR INVESTIGATION SYSTEM OF CONDITIONING**

Процесу розвитку технічних вдосконалень схем та конструкцій, модернізації та покращення різноманітних показників центральних кондиціонерів повітря, що



Рисунок 1. Навчальний лабораторний стенд

- 1-агрегат системи кондиціонування;
- 2-рама; 3-інформаційний плакат;
- 4-блок керування кліматичною установкою; 5-радіатор кондиціонера; 6-радіатор; 7-компресор; 8-електродвигун;

вироблялися протягом другої половини ХХ ст., можливо простежити політику управління якістю обладнання та конкурентоспроможність виробів при постійному гнучкому процесі зменшення питомої матеріалоемності та енергоемності при збільшенні ефективності одиночної потужності. Температуру повітря не можна відрегулювати, тому налаштовувати інтенсивність роботи кондиціонера доводиться вручну [1]. Ось чому з'явився клімат-контроль. Він дає змогу налаштувати температуру повітря з точністю до півградуса. Для цього встановлено спеціальний електронний контролер. На основі цього було спроектовано навчальний лабораторний стенд призначений для використання в якості навчального обладнання в навчальних закладах при вивченні функціонування автомобільних

систем кондиціонування і клімат-контролю, а також практичних робіт по ремонту і заправці системи холодоагентом. Стенд (рис.1) дозволяє вивчити принципову схему, пристрій і принцип роботи системи кондиціонування повітря і її компонентів. Так само на даному стенді можна проводити технічне обслуговування системи кондиціонування та здійснювати пошук. Агрегат системи кондиціонування включає в себе: корпус, двох радіаторів (опалювача і кондиціонера), трьох дефлекторів на ноги, голову і тулуб та скло, електродвигун вентилятора та сервоприводів дефлекторів. Рама стенду виконана з металопрофіля на якій закріплене все устаткування. На інформаційному плакаті зображено принцип роботи системи клімат-контролю та описана система контролю. Від електродвигуна 8 за допомогою пасової передачі обертання передається компресору 7. Компресор притягує електромагнітну муфту і перекачує фреон по системі. Холодоагент, який використовується в багатьох системах кондиціонування повітря, відомий як R134A [2]. Ця речовина переходить з рідкого в газоподібний стан при мінус 26,3<sup>0</sup>С. Холодоагент R134A створений на базі гідрофторвуглеці (hydrofluorocarbon - HFC), через проблеми з атмосферним виснаженням озонового шару, пов'язаним з холодоагентами на базі CFC. Відзначимо, що новий тип холодоагенту не сумісний зі старими системами кондиціонування.

### **Література**

- 1. <http://autoportal.ua/articles/kaketorabotaet/26743.html>
- 2. <https://www.autocentre.ua/ua/opyt/tehnologii/avtomobilnyj-konditsioner-i-klimat-kontrol-v-chem-raznitsa-315374.html>

**УДК 621.436**

**І.Р. Когут, Р.В.Присяжнюк**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗНОШУВАННЯ ШИН**

**I.R. Kohut, R.V. Prisyazhnyuk**

### **THE INVESTIGATION OF PROCESS OF WASHING MACHINE**

Однією з головних стратегій розвитку автомобілебудування є підвищення вимог до безпеки руху засобів транспорту з використанням досягнень вітчизняної і світової науки. Для її реалізації під час експлуатації автобусів необхідно проводити обслуговування, нормувати і прогнозувати їхній ресурс. Це дає можливість підвищити ефективність експлуатації і зменшити собівартість технічного обслуговування.

Інтенсивність зношування шин має сезонний характер і знижується на 25-30% восени та взимку, оскільки кліматичні умови впливають на величину дотичних напружень, при яких починається проковзування елементів протектора, змінюються фізико-механічні властивості гуми, в процесі експлуатації шин зі зниженим тиском на 20-50% скорочується їх ресурс на 15-20%. Крім того, якщо до 20% збільшується навантаження на шину, то на 30% збільшується її знос.

Залежно від завантаження та розподілу ваги за осями, як зазначає фірма Michelin, перевантаження шини автобуса на 10% призводить до скорочення її ресурсу на таку ж величину, перевантаження на 50% – на 60%; невідрегульовані кути установки коліс, невідповідний вибір шин і відхилення тиску повітря в шинах від нормативного призводить до збільшення витрат палива на 15%. [1-2]

Виявлено недосліджену раніше форму зносу – оперізуючий, віддалений від плечової зони на 35-40 мм знос шин (5-10%). Такий знос спостерігається на шинах марки Michelin XZY-2 керованих коліс автобусів здебільшого з підвищеною жорсткістю боковини. Аналізом встановлено: розподіл форми зносу шин шляхом постійного контролю залишкової висоти рисунка протектора, види їх ушкоджень; шини марки Michelin XDY-3 і Michelin XZY-2, або відновлені на каркасах фірм Michelin, Bridgestone, Goodyear забезпечують більшу стійкість до зовнішніх чинників (2-3% – списання через ушкодження і неможливість подальшого відновлення шин вантажних автомобілів); шини марки Continental HDC-1 при експлуатації мають невеликі локальні розриви і руйнування каркасу при незначному перевищенні навантаження; 7% – фактичний ресурс шин збігався з нормативним; шини марки Belshina ID-304 достатньо якісні, природний знос спостерігався у 85% досліджених шин, у 2-5% – передчасний знос; шини марки КАМА ID-304 мають низьку опірність зовнішнім пошкодженням (порізи, розриви, вириви ламелей протектора) [3].

#### **Література**

1.Сахно В. П. Вплив компоновальних параметрів міських автобусів великого класу на показники їх маневреності / В. П. Сахно, О. А. Веремчук, М. І. Загороднов // Вісник НТУ. – К., 2004. – 9. – С. 132-137.

2.Канарчук В. С., Лудченко О. А., Чигринець А.Д. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. – К., Вища школа,; 1994 (у трьох книгах).

3.Сакно О. П. Визначення ресурсу шин вантажних автомобілів за коефіцієнтами впливу експлуатаційних факторів та їх оцінка експертним аналізом / Сакно О. П. // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту [Науково-виробничий збірник]. – Горлівка : ДВНЗ «ДонНТУ»АДІ, 2011. - №2 (13). – С. 92-100.

**УДК663.17**

**М.Г. Левкович, канд. техн. наук, доц., О.І. Зазуля, Т.І. Кровіцький**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ДВИГУНОМ**

**M.G. Levkovich, Ph.D.; Assoc., O.I. Zazylja, T.I. Krovitsky**

## **RESEARCH OF THE RELIABILITY OF THE ENGINE CONTROL SYSTEM**

Рух сучасного автомобіля протікає в складній дорожній обстановці, у транспортних потоках, що формуються великою кількістю випадкових факторів, що змінюються як в просторі, так і в часі. Під впливом цих факторів також випадковим чином, змінюються швидкість руху, прискорення і траєкторія рухомих автомобілів. Безперервне і випадкове зміна положення органу керування двигуном, здійснюється водієм в цих умовах при управлінні автомобілем, а також безперервне зміна навантаження на двигун, формованої трансмісією автомобіля, обумовлюють нестационарні умови роботи автомобільного двигуна і є найбільш характерними і найбільш важливими відмінностями автомобільної енергетичної установки від енергетичних установок інших транспортних засобів.

Систему керування робочим процесом двигуна можна розділити на кілька елементів, а саме: пристрої збору інформації, пристрої обробки інформації, виконавчі пристрої. Ці елементи системи управління пов'язані між собою каналами передачі інформації, які також є елементами системи. Необхідно підкреслити, що при аналізі окремих елементів системи управління робочим процесом двигуна нас цікавлять тільки функціональні властивості елементів, тобто ті, які визначають їх взаємодію з іншими елементами і впливають на характер поведінки системи управління в цілому. Внутрішня структура елементів не є предметом даного дослідження.

Імовірність безвідмовної роботи (пробігу) - це ймовірність того, що за заданий час (пробіг) не відбудеться жодної відмови транспортного кошти в роботі.

Імовірність безвідмовного пробігу  $P(x)$  визначається за формулою:

$$P(x) = 1 - \int_{Lx}^{\infty} P_x dx \quad (1)$$

де  $P(x)$  - щільність імовірності розподілу відмов по пробігу.

Статистично величину  $P(x)$  можна визначити за формулою:

$$P(x) = \frac{N - n(x)}{N} = 1 - \frac{n(x)}{N} \quad (2)$$

де  $N$  - кількість транспортних засобів у вибірці або спостережуваної групи;  $n(x)$  - кількість відмов транспортних засобів (або їх елементів) за пробіг від 0 до  $x$  без урахування відновлення працездатності.

Напрацювання на відмову  $x_{н.о.}$  визначає середній пробіг безвідмовний транспортного засобу і статистично виражається формулою

$$x_{н.о.} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N x_k \quad (3)$$

де  $x_k$  - пробіг даного транспортного засобу, до моменту виникнення відмови.

Параметр потоку відмов для ремонтіваних виробів характеризує щільність розподілу відмов по пробігу. Це відносне число відмов, припадають на одиницю часу



або пробігу одного виробу. При оцінці надійності транспортного засобу число відмов зазвичай відносять до пробігу в км. Його статистична оцінка за пробігом  $W(x)$  дорівнює:

$$W(x) = \frac{\sum n(x)}{x} \quad (4)$$

де  $\sum n(x)$  - сумарне число відмов транспортного засобу за пробіг  $x$ .

Дослідженнями надійності встановлено, що параметр потоку відмов  $W(x)$  має різні значення залежно від терміну служби або пробігу транспортного засобу. Спостерігається три характерних періоду (рис.1): I (приробітку деталей) - характеризується дещо більшим числом відмов, викликаних прихованими конструкційними дефектами; II (нормальна експлуатація) - це найбільш тривалий період, коли число відмов найменше ( $W(x)=const$ ); III (інтенсивний знос) - характеризується прогресуючим наростанням числа відмов, викликаних втому і старінням матеріалів.

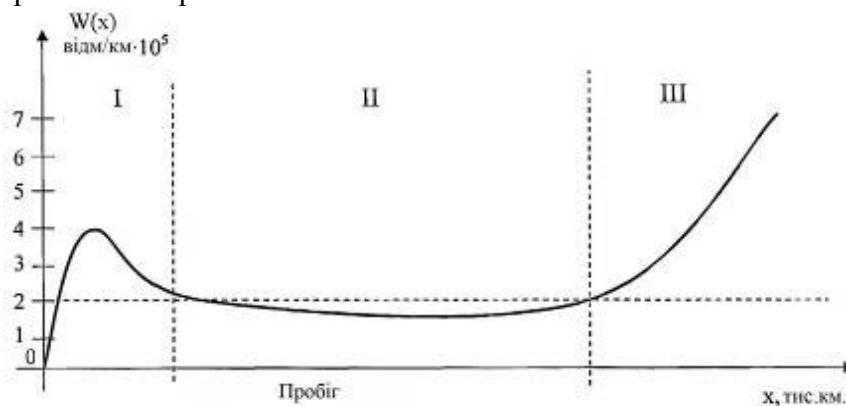


Рисунок 1- Зміна параметра потоку відмов автотранспортного засобу

Необхідно зазначити, що надійність різних агрегатів автомобіля неоднакова, а це ускладнює встановлення єдиної періодичності ТО. Деталі автомобіля нерівномірно, що викликає варіацію напружень на

відмову потоків вимог на ремонт. Наприклад, з 15 ÷ 20 тисяч деталей автомобіля 3 ÷ 4 тисячі мають термін служби менше, ніж автомобіль в цілому. З них 80 ÷ 100 деталей впливають на безпеку експлуатації, а 150 ÷ 300 деталей є критичними по надійності, вимагаючи часті заміни і великих матеріальних витрат. До того ж на 2 ÷ 3 % номенклатури запасних частин припадає 20 ÷ 50 % загальної вартості споживаних запчастин, а на 8 ÷ 10 % припадає 80 ÷ 90 % вартості і т.п. ось чому так важливо виявлення критичних дорогих деталей.

### Література

1. Кузнецов Е.С. Низов М.А. Зенченко В.А. и др. Методика определения показателей надежности автомобилей при проведении сравнительных эксплуатационных испытаний в условиях международных перевозок. - М.: АСМАП, 2002. - 200 с.

2. Гаврилов К. Л. Диагностика автомобилей при эксплуатации и техническом осмотре: учебное пособие - СПб.: Федеральное Государственное Учреждение «Российский центр сельскохозяйственного консультирования» 2012 - 576 с.

3. Hettich G., Alberter G. Architectures for electronic powertrain control. // Automotive Engineering, 1997. - № 5. - p.117-118.

УДК663.17

**М.Г. Левкович, канд. техн. наук, доц., Ю.П. Ковальчук**

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

## **ВПЛИВ ПОКАЗНИКІВ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ АТП НА ЯКІСТЬ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПАСАЖИРІВ**

**M.G. Levkovich, Ph.D., Assoc., J.P. Kovalchuk**

### **INFLUENCE OF INDICATORS OF THE ORGANIZATIONAL-FUNCTIONAL STRUCTURE OF ATP ON QUALITY OF PASSENGER CARRYING**

Метою перевізників є отримання прибутку, але якості послуг, що надаються, як правило, не приділяється належної уваги. Зміна ситуації вимагає значних витрат і знаходиться в протиріччі з метою перевізників. Це викликає негативні наслідки для пасажирів і створює соціальну напруженість в суспільстві. З'явилася необхідність розробки методів і засобів, спрямованих на підвищення якості послуг з перевезення пасажирів. У сучасних умовах організаційно-функціональні структури перевізників різноманітні, ефективність їх впливу на якість слабо вивчена і, як правило, не забезпечує задоволеність пасажирів перевезеннями.

Встановлені нормативно-технічними документами показники якості транспортного обслуговування населення визначають вимоги до пасажирських перевезень без урахування видів транспорту. У сфері автомобільного транспорту вони конкретизовані лише для перевезень легковими таксі, що представляють самостійний вид пасажирських перевезень і мають істотні технологічні і організаційні відмінності від транспортного обслуговування населення по регулярних маршрутах. У зв'язку з цим, показники якості перевезень по регулярних маршрутах вимагають додаткового вивчення.

Показники якості перевезень можуть бути досягнуті за умови підготовленості перевізників до транспортного процесу, визначуваної станом організаційно-функціональної структури. Існуючі організаційно-функціональні структури орієнтовані на підвищення економічної ефективності транспортного процесу, але вимагають подальшого вдосконалення в частині забезпечення якості на основі системного підходу з урахуванням нових технологічних рішень.

Якість  $\Pi_{я0}$  обслуговування пасажирів автомобільним транспортом по регулярних маршрутах є узагальненою характеристикою задоволеності пасажирів транспортним процесом, базується на показниках якості, які утворюють дворівневу систему. Якість  $\Pi_{я0}$  обслуговування визначається математичною моделлю:

$$\Pi_{я0} = f(\Pi_{я11}, \Pi_{я12}, \Pi_{я13}, \dots, \Pi_{ки}); \quad \Pi_{яksi} \in \Pi_{я0}; \quad 0 \leq \Pi_{я0} \leq 1, \quad (1)$$

де -  $\Pi_{яksi}$  - показники якості обслуговування пасажирів автомобільним транспортом по регулярних маршрутах, що входять в систему як багатство  $i$ -х елементів, що розташовані на декількох рівнях;  $k$  - рівень елемента (підцілі),  $k = 1, 2; s = 1 \dots 5, i$  - номер елемента в групі,  $i = 1 \dots n$ .

Якість  $\Pi_{я0}$  пов'язано з групами  $\Pi_{я}$  та об'єднаними в них показниками  $\Pi_{я2si}$  якості через вагові коефіцієнти  $\rho_{li}$  вплив груп на якість  $\Pi_{я0}$  і вагові коефіцієнти  $\delta_{2si}$  вплив показників якості на групу, до якої вони належать.

Вплив організаційно-функціональної структури перевізника на якість  $\Pi_{я0}$  здійснюється через показники  $\Pi_{я2i}$  якості, групи  $\Pi_{яli}$  показників якості та

визначається математичною моделлю:

$$P_{я0} = P_{я}(C_{ks1}; C_{ks2}; C_{ks3}; \dots; C_{ksj}); C_{ksj} \in C_0 \quad (2)$$

Вплив показників функціональної структури  $V_{si}$  перевізника на якість перевезень пасажирів автомобільним транспортом по регулярним маршрутам визначається за наступною формулою:

$$V_{si} = \sum \alpha_{sj}^h \cdot \delta_h \cdot \rho_g \quad (3)$$

де -  $\alpha_{sj}$  - степінь впливу sj-го показника організаційно-функціональної структури на показник h якості;  $\delta_h$  - вплив показника h якості на групу показників якості;

$\rho_g$  - степінь впливу групи показників на якість  $P_{я0}$  перевезень, де g – номер групи показників.

Якість  $P_{я0}$  перевезень пасажирів пов'язана з показниками  $P_{ясj}$  організаційно-функціональної структури визначається наступною залежністю:

$$P_{я0} = \sum_{s,j} V_{sj} \cdot C_{sj}; \sum_{s,j} V_{sj} = 1; s = 1,2,3; j = 1 \dots m \quad (4)$$

Показник  $CSj$  організаційно-функціональної структури перевізника приймає значення 1 при його виконанні, 0 - у випадку не виконання (відсутність в структурі).

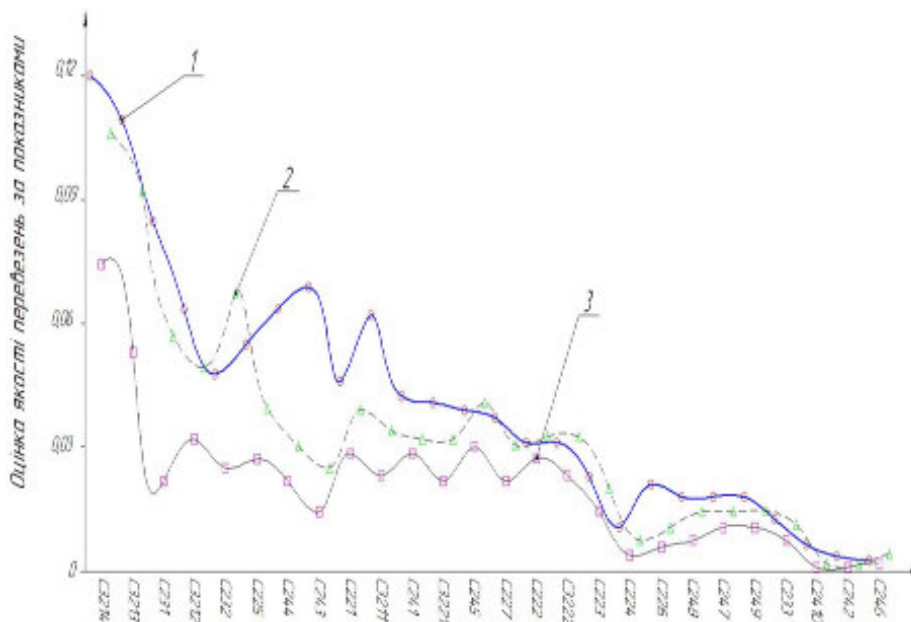


Рисунок 1 – Результати оцінки якості  $P_{я0}$  перевезень в 2016 і в 2017 роках та встановлення впливу  $V_{sj}$  – показників організаційно-функціональної структури на якість  $P_{я0}$  перевезень (1 – максимальний рівень якості, 2 – рівень якості за показниками у 2017 році, 3 – рівень якості за показниками у 2016 році)

### Література

1. Ігнатенко О.С., Маруніч В.С. Організація автобусних перевезень у містах: Навч. Посібник. – К.: УТУ, 1998. – 196с.
2. Доля В.К. Методы организации перевозок пассажиров в городах. – Х.: Основа, 1992. – 144с.

**УДК 656.13.072**

**Р.А. Хабутдінов, докт. техн. наук, Т.О. Костюк**  
Національний транспортний університет, Україна

**ІМІТАЦІЙНО-ТЕСТОВИЙ МЕТОД АНАЛІЗУ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ  
ЕФЕКТИВНОСТІ ВАНТАЖНИХ МІЖНАРОДНИХ АВТОПОЇЗДІВ ДЛЯ  
ІННОВАЦІЙНИХ ПРОЄКТІВ ПЕРЕВЕЗЕНЬ**

**R.A. Khabutdinov, Dr., Prof., T.O. Kostiyk**

**IMITATION AND TEST METHOD OF ANALYSIS OF ENERGY EFFICIENCY  
OF INTERNATIONAL FREIGHT TRUCKS FOR INNOVATION PROJECTS OF  
TRANSPORTATION**

На автотранспорті (АТ) актуальна концепція технологічно-інноваційного енергозбереження. Проте існуючі методи аналізу економіки та організації транспортних процесів [1] не відповідають цієї концепції. По-перше, в них автотранспорт спрощено розглядається як нематеріальна сфера транспортного обслуговування без врахування проявів ресурсно-технічних властивостей автомобіля в транспортних операціях, а також впливу технологічних процедур і процесів на виробничу якість створеного продукту АТ. По-друге, для формування економічних і організаційних знань використовується відомий в економічній теорії принцип FUT (freezing undescribed technology), який обумовлює незмінність параметрів транспортних засобів та технологій. Крім того, замість розрахункової схеми транспортної операції розглядається схема транспозиційної операції, тобто описана схема віртуального транспортування, в якій фіксуються три факти: подія відправлення, подія прибуття і час між ними (як час віртуально-рівномірного руху автомобіля). При цьому, процеси адаптивно-дискретного руху автомобіля та енергетичного перетворення технологічних ресурсів у якісний продукт АТ при виконанні транспортних операцій не враховуються. Внаслідок вищезгаданих недоліків і негативних впливів технологічних парадоксів АТ теорія противитратної організації автомобільних перевезень є: невиробничою, нетехнічною, нетехнологічною, неенергетичною, неінноваційною і неконцептуальною. Для можливості реалізації актуальної концепції технологічно-інноваційного енергозбереження на АТ [2] в НТУ розроблено теорія та методи комплексного підвищення енергоресурсної ефективності автомобіля узагальненого типу, а також методи імітаційно-тестового формування енергозберігаючих автотранспортних технологій. При цьому використаний новий науковий принцип інноваційного розвитку технологій DDIT (developed and described innovating technology) що дозволяє прогнозувати вплив техніко-технологічних інновацій на енергоефективність нових автомобілів і транспортних процесів з урахуванням технічних, дорожніх та експлуатаційних факторів технологічних проєктів автомобільних перевезень. В математичних моделях аналізу транспортної енергоефективності автомобіля узагальненого типу враховується комплекс його ресурсно-технічних властивостей (складної транспортної машини, об'єкту керування рухом, перевізного засобу, знаряддя технологічних дій та інші). В якості прикладу використання методів в статті представлені результати імітаційно-тестового моделювання та аналізу транспортної енергоефективності автопоїзду для міжнародних автомобільних перевезень. Проаналізовано технічні характеристики автопоїзду та отримано кількісні характеристики впливу різних експлуатаційних факторів на показники їх енергоефективності та запропонована методика імітаційно-тестового і еталонно-порівнювального аналізу енергоефективності нових автопоїздів як ресурсно-технічних засобів транспортного виробництва та транспортних технологій.

**Література**

1. Воркут А.И. Грузовые автомобильные перевозки. К.: Вища школа, 1986, 447 с.
2. Хабутдінов Р.А., Коцюк О.Я. Енергоресурсна ефективність автомобіля.–К.:УТУ.–1997.– 197 с.

**УДК 658.7(075)**

**Н.Б. Лопух, канд. техн. наук, Ю.В. Бойчук**

Центр математичного моделювання ІППММ ім. Я.С.Підстригача, Україна

## **ОПТИМАЛЬНЕ УПРАВЛІННЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯМИ**

**N.B. Lopuh, Ph.D., Y.V. Boychuk**

### **OPTIMAL TRAFFIC MANAGEMENT**

From the logistics point of view, transportation of cargos represents difficult process which includes stages of planning, organization and execution of goods delivery. The study of opportunities of organization improving of transport process, certainly, remains the actual problem. Its successful decision can be reached only by complex reviewing of all stages and components of transport process with involvement of the additional contingent of scientists and researchers.

For the classical transport task select three types of tasks:

1. criterion of cost (achievement of a minimum of costs on transportation) or distances;
2. criterion of time (the minimum of time for transportation is spent)
3. criterion of way length .

We modify the classical transport task in order that it satisfied to needs of the population of the modern city. There will be a task of finding of the optimum plan of person transportation from point *A* to point *B*. At the same time we will consider criterion of time, that is speed of the transportation, a way and cost of the transportation.

Conditions of the task decision we will consider presence of one or several offered routes between points *A* and *B* which are optimum on all the criterions (with same weights). The purpose of operation is creation of the mechanism of creation and search of such optimum routes for the decision transport task in the conditions of the modern city. The mechanism will use the existing geographic information systems, and will be created on the basis of the modern Internet technologies.

Use of the existing Internet services providing satellite images of the city of high detailing and also other cartographical services is offered. The geographic information system will allow to make routes in an automatic mode (with use of the district map which is built in the program with transport communications) and to define time of passing of routes [1].

Application of a dynamic programming method is offered [2]. This method is intended for the solution of a wide range of tasks which can be divided on adding each other subtasks, and the optimal solution of these subtasks can be used for the decision of the initial task. At first it is carried out solutions of subtasks, and further based on the received decisions the solution of the initial task is found.

Authors offered modification of dynamic programming method, that simplifies search of an optimal solution by means of correction of status functions. And adaptation of an algorithm for accounting of all three optimality criterions is made.

#### **References:**

1. Крикавський Є.В. Логістика. Основи теорії: Підручник. – Львів: Видавництво НУ “Львівська політехніка”, Інтелект-Захід, 2004. – 416 с
2. Ковзель М.О., Тимченко Л.І., Кутаєв Ю.Ф., Свечников С.В., Кожем’яко В.П., Стасюк О.І., Білан С.М., Загоруйко Л.В. Паралельно-ієрархічне перетворення і Q – обробка інформації для систем реального часу. – К.: КУЕТТ, 2006. – 492 с.

**УДК 621.82**

**Р.Р. Заверуха, Т.Б. Пиндус, Н.В. Михайлишин, А.П. Підперигора, Т.І. Потішний**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОТЕНЦІОМЕТРА ТА  
ДАТЧИКА ТИСКУ КОМПЛЕКСНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ДВЗ  
АВТОМОБІЛЯ ВАЗ-2111**

**R.R. Zaverukha, T.B. Pyndus, N.V. Mikhailishin, A.P. Pidperigora, T.I. Potishnyj  
INVESTIGATION OF OPERATING CHARACTERISTICS OF THE  
POTENTISOMETER AND PRESSURE SENSOR OF VAZ-2111 ICE COMPLEX  
CONTROL SYSTEM**

Досліджено характеристики потенціометра дросельної заслінки комплексної системи керування ДВЗ. Виконано під'єднання до сигнального виводу датчика вимірювального вольтметра і осцилографа. Після включення запалювання для даної системи покази вольтметра і осцилографа становили не більш 0.7 В при закритій дросельній заслінці. Встановлено, що покази вимірювальних приладів збігаються, а при максимальному робочому ході потенціометра максимальна напруга рівна 4.0...4.5 В.

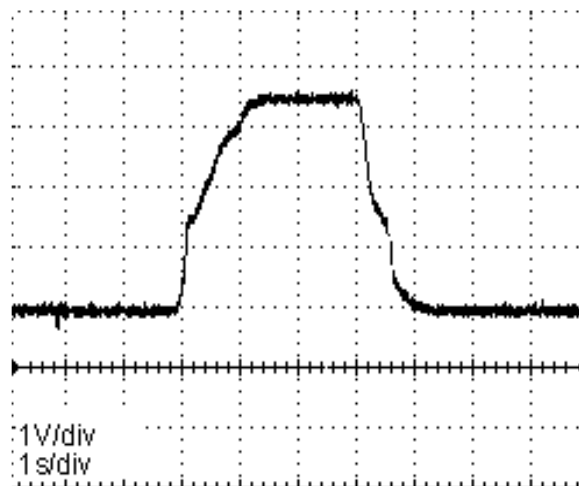


Рисунок 1 – Осцилограма сигналу датчика в робочому стані при максимальному робочому ході потенціометра

Також встановлено, що при використанні подібних потенціометрів (другого дослідного зразка) спостерігаються спотворення характеристик сигналів. Стрибкоподібна зміна напруги або періодична відсутність напруги свідчать про несправність потенціометра. У цьому випадку потрібна його заміна. Якщо напруга сигналу відсутня необхідно переконаватися, що напруга живлення від ЕБК на відповідному виводу датчика складає 5 В. Перевіривши справність ланки заземлення датчика та напругу між виводом заземлення датчика і мінусовим виводом акумуляторної батареї при ввімкненому запалюванні вона повинна бути не більше 0,15 В. В процесі перевірки третього дослідного зразка потенціометра визначено напругу живлення та заземлення ЕБК і встановлено що ЕБК несправний. При дослідженні характеристик четвертого потенціометра встановлено, що напруга живлення та сигналу дорівнює напрузі акумулятора. Це свідчить про несправність дослідного зразка.

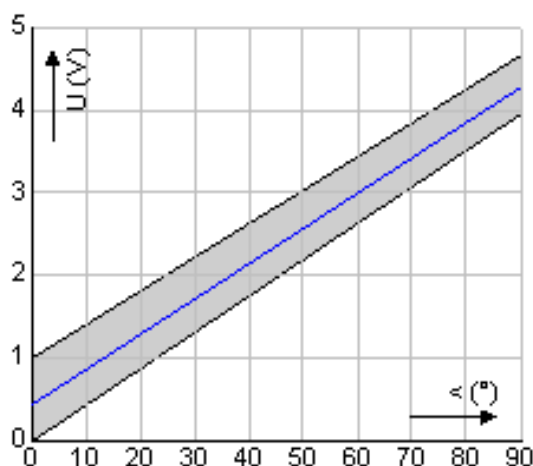


Рисунок 2 – Графік залежності напруги справного потенціометра від ступеня його відкриття

Також досліджено характеристики датчика тиску в впускному трубопроводі. При цьому виконано огляд роз'ємів датчика, виявлено відсутність корозії й пошкоджень а також надійність контакту. Включивши запалювання, з допомогою вольтметра визначено напругу живлення датчика від ЕБК яка рівна 5В. Приєднавши щуп осцилографа та плюсовий провід вольтметра до виводу сигналу датчика визначено вихідну напругу датчика при непрацюючому двигуні (напруга сигналу 5В). Запустивши двигун на холостому ході визначено вихідну напругу датчика при працюючому двигуні; приєднано до вакуумної трубки датчика вакуумний насос та сенсор розрідження діагностичного стенду. Створюючи розрідження, зафіксовано його величину і величину вихідної напруги датчика. Напруга змінювалася від 5 В до 0,2...0,4 В. В результаті досліджень отримано графік залежності напруги датчика від ступеня розрідження.

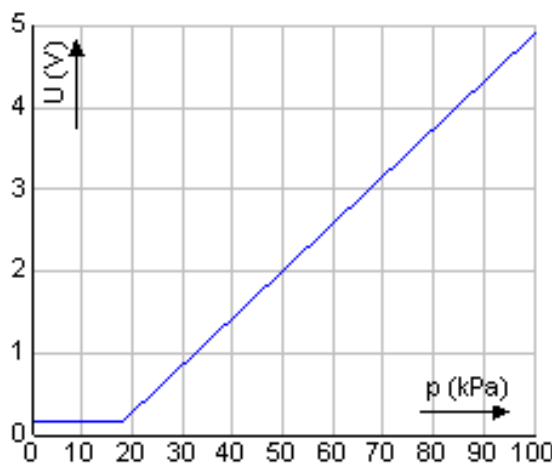


Рисунок 3 – Графік залежності напруги датчика тиску від ступеня розрідження

#### **Література**

1. Руководство по ремонту, техническому обслуживанию и эксплуатации автомобилей ВАЗ-2111 / М.: Издательский дом Третий Рим, 2000. – 176 с., ил.
2. Диагностика двигателя, коды неисправностей (Научес). Руководство: пер. с англ. / Уайт Ч. – М: «Алфамер Паблшинг», 2003.- 256 с.
3. Системы управления бензиновыми двигателями (впрыск и зажигание) . Модели 1992-1996 г. в. Устройство, техническое обслуживание и ремонт./ Легион - Автодата, 2003. - 832 с.

**УДК 338.1**

**А.Б. Підбережник**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ПРИЧИНИ ПАДІННЯ ОБ'ЄМІВ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УКРАЇНІ**

**A.B. Pidberezhnyk**

### **CAUSES OF THE LOAD OF FREIGHT TRAFFICKING IN UKRAINE**

На сьогоднішній день ситуація що склалась на ринку вантажних перевезень є складною і напруженою та має тенденцію до покращення ситуації на ринку вантажних перевезень. Адже конфлікти в АР Крим та в Луганській і Донецькій областях, розірвання економічних зв'язків із РФ і внаслідок економічна криза, остаточно підірвали і так хитку стабільність української економіки. Що спричинило падіння промислового виробництва, скорочення об'ємів надання послуг в економіці та нищівне падіння купівельної спроможності українського населення, та падіння об'ємів вантажних перевезень. Об'єм вантажних перевезень стає одним з основних індикаторів успішних трансформаційних економічних процесів.

Таблиця 1

Перевезення вантажів за видами транспорту у 2012–2016 роках (млн.т)

Рік	Види транспорту			
	залізничний	автомобільний	морський	річковий
2012	457	1260	4	4
2013	444	1261	3	3
2014	386	1131	3	3
2015	350	1021	3	3
2016	343	1086	3	4

Сьогодні світова економіка розвивається такими темпами при яких економічні зв'язки набувають властивостей комплексності та багатозаровості і стають багатоступінчастими для забезпечення сталого розвитку таких відносин важливу роль має вантажний транспорт, причому потреби в галузі транспорту суттєво змінюються. Встановлено збалансованість споживчого, оптового, і ринку перевезень вантажів в Україні, що мають близькі тренди розвитку. Великий рівень амортизації автомобілів і напівпричепів та недостатні темпи їхнього оновлення є причиною зменшення кількості парку автомобілів, невідповідність автомобілів технічному та технологічному рівню вимог, суттєво збільшує енергозатрати, шкоду для екології, витрати на ремонт та відновлення, не забезпечується високий рівень якості та безпеки надаваних послуг. Зменшення обсягів перевезень відбувається з причин старіння, погіршення технічного стану і скорочення парку рухомого складу.

Транспортна галузь України потребує оновлення технологій перевезень, основних фондів та підвищення якості експедиційно-транспортних послуг на основі вимог ЄС. Причиною високих амортизаційних витрат і недостатніх темпів оновлення автопарку є низькі ринкові ціни на вантажні перевезення. З метою сталого розвитку транспортної системи України необхідно вдосконалити транспортну галузь економіки на державному рівні.



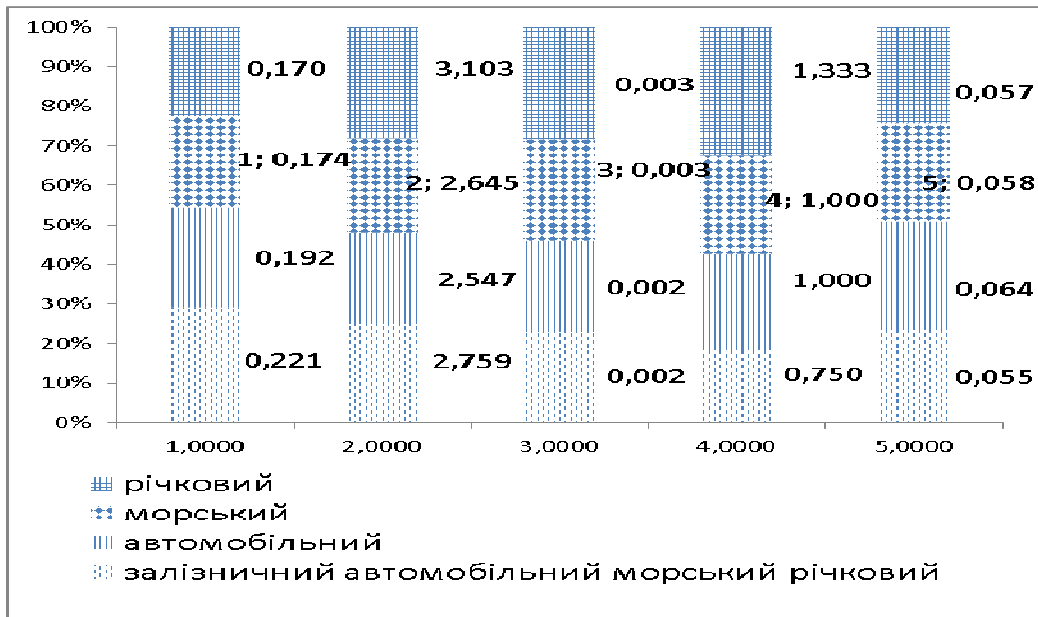


Рисунок 1. Динаміка відхилень вантажних перевезень 2012-2016 р.р.

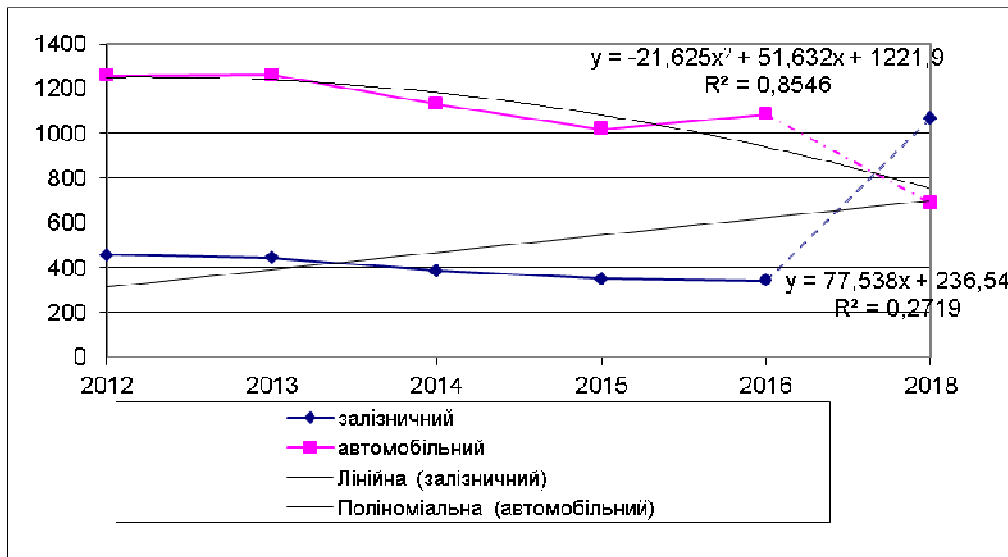


Рисунок 2. Прогнозна оцінка розвитку вантажних перевезень

Як ми бачимо з наведених вище даних (див. рис.1,рис.2, рис.3), сьогоднішній стан українського ринку вантажних перевезень характеризується негативними тенденціями. Актуальним стає вивчення закордонного досвіду й впровадження заходів по сприянню розвитку транспортної сфери економіки.

### Література

1. Державний комітет статистики України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
2. Міністерство транспорту та зв'язку України [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.mintrans.gov.ua>.
3. Гречка О. В. Статистичний аналіз ринку послуг автомобільного транспорту [Текст] : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. екон.

**УДК 629.113.004**

**Д.С. Поліщук, В.О. Ліщук, О.А. Левківський, О.П. Кравченко, докт. техн. наук, проф.**

Житомирський державний технологічний університет, Україна

## **ПРОГНОЗУВАННЯ ПОТРЕБИ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН ЗА ДОПОМОГОЮ СТАТИСТИЧНИХ ДАНИХ**

**D.S. Polishchuk, V.O. Lishchuk, O.A. Levkivskyi, O.P. Kravchenko, Dr., Prof.  
FORECASTING SPARE PARTS DEMAND USING STATISTICAL DATA**

Автомобільний транспорт є важливою ланкою в ланцюжку логістичної системи, якість роботи якої визначається технічним станом рухомого складу. Це у великій мірі залежить від надійності агрегатів і вузлів та постачання запасними частинами щодо технічного обслуговування та поточного ремонту рухомого складу. Особливо це важливо, коли рухомий склад представлений автотранспортною технікою зарубіжних виробництв – вартість деталей висока, а терміни поставки можуть становити від трьох до семи діб [1]. Існує багато методів визначення кількості запасних частин.

Метод розрахунку номенклатурними нормами, що встановлює середню річну витрату конкретної деталі на рік використовують автовиробники для визначення обсягу виробництва запасних частин для всього парку експлуатованих автомобілів. На автотранспортних підприємствах використовували номенклатурні довідники, в яких були вказані норми споживання деталей розраховані на 100 автомобілів [2]. Обсяг парку автомобілів дає можливість вирахувати необхідну потребу. Але його використання не дозволяє повною мірою врахувати індивідуальні особливості експлуатації рухомого складу, якість паливно-мастильних матеріалів і запасних частин.

Інший метод - визначення потреби в запасних частинах до силових агрегатів згідно параметрів, які визначають вантажно-швидкісний режим роботи: швидкість руху автомобіля, витрата палива, повну вагу автомобіля та інше [2]. Необхідну кількість запасних частин для одномарочного рухомого парку автомобілів можна розрахувати, розглянувши цикли ремонтних дій і заміни деталей. Новий автомобіль, який надійшов у автопідприємство, експлуатується до заміни деякої деталі на певному пробігу. Далі він експлуатується з встановленою на нього запасною частиною, яка вийде з ладу після середнього напрацювання і так далі. Для 100 автомобілів за рік за умови, що на автомобілі встановлено п однакових деталей. Метод нечіткого багатокритеріального аналізу, побудований на основі нейронних мереж, заснований на нечіткому логічному висновку, який використовує базу лінгвістичних правил, дозволяє проводити прогнозування відмов елементів автомобіля. Структура лінгвістичних терм-множин дозволяє врахувати особливості статистичних даних. Отримана система дозволить з достатньою точністю прогнозувати потрібну кількість запасних частин [1]. Однією з істотних характеристик якості роботи автотранспортного підприємства є коефіцієнт технічної готовності автомобіля, який визначається по деталі  $i$ -го типу як відношення часу справної роботи до суми часу справної роботи і вимушених простоїв автомобіля, взятих за один і той же календарний термін [3]. Вимушений час простою автомобіля враховує час ремонту, який містить час, необхідний для ремонту автомобіля і час чекання доставки запасної частини. Враховуючи випадкову природу цих величин, приймаються вони, як середні значення у визначенні коефіцієнта технічної готовності. Причому коефіцієнт технічної готовності всього автомобіля визначається за принципом «слабкої ланки».

Як критерій вибору типу запасної частини для зберігання розглянуто величину добутку: вірогідність відмови  $i$ -ої деталі за деякий проміжок часу. Вибір цієї величини обумовлений тим, що навіть при великій вірогідності відмови деякої деталі, але при малому часі доставки не виникає необхідності в її зберіганні. З іншого боку, при малій

вірогідності відмови і великому часі чекання, величина зношування знову може виявитися досить малою, але такі деталі зазвичай вимагають зберігання на складі через великий час їх доставки. За результатами проведених розрахунків дослідженої групи автомобілів було отримано дані, з яких зроблено висновки про доцільність зберігання запасних частин на складі автотранспортного підприємства для різних автомобілів-тягачів (таблиця 1, 2).

Таблиця 1

Результати розрахунків визначення доцільності зберігання деталей автомобілів Mercedes-Benz Actros 1844 LS

Запасна частина	Час доставки, годин	Вартість, грн.	Вірогідність відмови	Доцільність
Датчик кількості обертів	24	2041,80	0,0000382	не зберігати
Диск гальмівний	24	3482,46	0,0000645	не зберігати
Пневморесора	24	5243,04	0,0000666	не зберігати
Диск зчеплення	24	2599,00	0,0000634	зберігати
Підшипник вижимний	24	6920,88	0,0000659	зберігати
Датчик ABS	24	1071,96	0,0000613	зберігати

Таблиця 2

Результати розрахунків визначення доцільності зберігання деталей автомобілів VOLVO FH 1242

Запасна частина	Час доставки, годин	Вартість, грн.	Вірогідність відмови	Доцільність
Пневморесора	24	1364,7	0,0000759	не зберігати
Диск зчеплення	24	5847,66	0,0000762	не зберігати
Кабель ABS	1	1000,00	0,0002526	не зберігати
Термостат	24	918,32	0,0001071	зберігати
Підшипник вижимний	24	3446,11	0,0000761	зберігати
Суппорт гальмівний	336	14198,08	0,0000770	зберігати

Запропонований метод на основі коефіцієнта технічної готовності автопарку, вірогідності відмови, часу проведення ремонтних робіт і часу доставки деталей дозволяє прогнозувати потреби запасних частин та доцільність зберігання їх по номенклатурі і кількості на складі автотранспортного підприємства.

### **Література**

1. Тенішев В.С., Кравченко О.П., Верітельник Є.А. Система прогнозування потреби запасних частин автомобілів-тягачів на основі гібридних нейронних мереж за допомогою статистичних даних / Матеріали III Міжнародної наукової конференції молодих вчених «Інженерна механіка та транспорт» (ЕМТ-2013), 21-23 листопада 2013, м. Львів. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013, с. 38-41.

2. Бажинов А.В. Усовершенствование методов прогнозирования потребности в запасных частях к силовым агрегатам грузовых автомобилей. Диссертация канд. техн. наук / А.В. Бажинов. - Харьков, ХНАДУ, 2011. – 180 с.

3. Кравченко О.П., Верітельник Є.А. Щодо визначення критерію необхідності зберігання запасних частин на складі автотранспортного підприємства / Вісник Донецької академії автомобільного транспорту, № 2-3, 2014. – Донецьк: ПП «Молнія», 2014. – С. 19-26.

УДК: 656.072

С.В. Притолок, П.П. Парій

Тернопільський національний технічний університет імені І.Пулюя, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПАСАЖИРОПОТОКІВ НА ОСНОВІ ТАБЛИЧНОГО МЕТОДУ

S.V. Pritoluk, P.P. Parry

### RESEARCH OF PASSENGER POTATOES BASED ON TABLE METHOD

У області управління громадським транспортом проблема ефективності функціонування міського пасажирського транспорту (МПТ) займає значиме місце. Зростання вартості усіх видів ресурсів, що спостерігалось останнім часом, зниження рентабельності роботи транспорту, привело до вимушеного зростання транспортних тарифів, а це є украй небажаним чинником, що посилює інфляційні процеси в економіці. Однією з істотних причин невдач багатьох програм і спроб в оптимізації роботи МПТ є слабе використання методології, що на практиці розвивається, стратегії і тактики логістики. Визначити місткість ринку якісних пасажирських перевезень можна за допомогою проведення обстеження пасажиропотоків. Для підвищення якості обслуговування пасажирів і забезпечення найбільш ефективного використання рухомого складу підприємства МПТ повинні систематично обстежувати і вивчати пасажиропотоки по днях тижня і місяцях року, як на окремих маршрутах, так і на усій маршрутній мережі. Залежно від прийнятого масштабу обстеження пасажиропотоків може проводитись суцільне і вибіркове. Суцільне обстеження здійснюється одночасно на усіх маршрутах одного або декількох видів пасажирського транспорту, вибіркове - на окремих маршрутах або рейсів маршрутів. Дослідження пасажиропотоків на автобусному маршруті перевезення проводилося з використанням табличного методу. Цей метод застосовується на міських маршрутах. Табличний метод може застосовуватися в двох варіантах: дослідження проводиться обліковцями в автобусах або на зупинних пунктах. Під час проведення дослідження на кожний рейс обліковцем заповнюється інформація про вид транспорту, номер маршруту, напрямок руху ТЗ, час початку та закінчення рейсу, марку РС. Розглянутий табличний метод дослідження, в порівнянні з іншими, дає найбільшу точність отримуваних даних пасажиропотоку та числа перевезених пасажирів. Отриману базу даних обробляють на ПК з використанням пакетів прикладних програм.

Використовуючи табличний метод досліджень за вищенаведеною методикою було досліджено пасажиропотік на автобусному маршруті загального користування № 16 "вул. Карпенка – Київська" і обробивши удосконалені анкети за допомогою програми Excel на ПК визначено пасажиропотік за годинами доби. На основі табличних даних побудовано графіки розподілу пасажиропотоку за годинами доби в прямому, зворотному та обох напрямках (рис. 1).

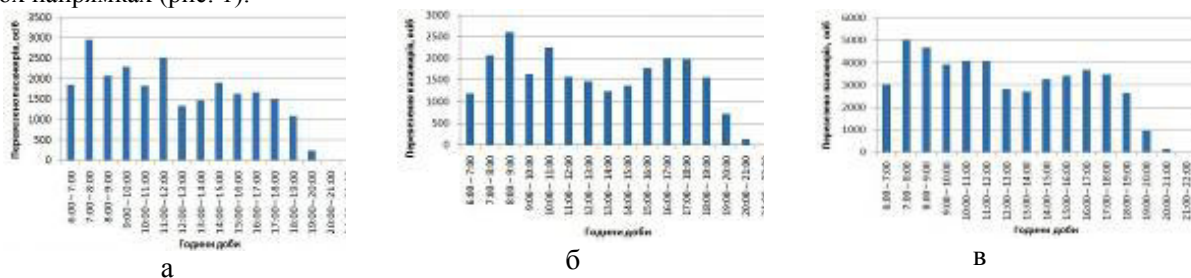


Рисунок 1. Розподіл пасажиропотоку за годинами доби на автобусному маршруті №16 вул. Карпенка – Київська: а- прямому напрямку; б- зворотному напрямку; в- в обох напрямках

**УДК 658.567.3-036.4**

**В.В. Савчук, М.М. Денисова**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна  
Яблунівська загальноосвітня школа I-III ступенів, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ ПЕРЕРОБКИ ШИН ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ**

**V.V. Savchuk, M.M. Denysova**

### **INVESTIGATION OF TRANSPORT CHILLES OF CARGO VEHICLES**

На даний час людство стикнулось з пробкою автомобільних шин.

Серед способів утилізації автомобільних шин найбільш поширена бародиструкційна технологія утилізації. Технологія базується на явищі «псевдозрідження» гуми при високих тисках і її витікання через отвори спеціальної камери. Отримання гумового порошку із зношених шин здійснюють шляхом їх поетапного подрібнення, фракціонування, магнітної сепарації і виділення текстильного корду.

Спосіб «Магнітного удару». Старшим науковим співробітником радіофізичного факультету Київського національного університету Олександром Бедюхом розроблена технологія «Магнітного удару», яка дозволить вирішити гостру проблему переробки зношених шин на базі безвідходної технології. Технологія даного способу полягає у тому, що створено високовольтну імпульсну установку (4 кВт), яка дозволяє способом «магнітного удару» від'єднувати металокорд від гуми – метал відскакує від гуми, як краплі води від розпеченої сковорідки.

Спосіб дроблення полягає у тому, що за допомогою дробарки автомобільні шини подрібнюють на мілкі частки і в кінцевому етапі фасують у мішки. Далі ці частки покришок потрапляють до будівельної промисловості

Механічне розрізання відпрацьованих автомобільних покришок. Необхідність механічного розрізання шин виникає вже на стадії їх транспортування від місця накопичення до місця переробки. Справа в тому, що кількість спеціалізованих переробних підприємств в Україні вельми обмежена, а автопідприємства, на яких в основному накопичуються відпрацьовані шини, сильно зосереджені навіть у межах одного регіону, тому при організації переробки виникає необхідність масового транспортування відпрацьованих шин на значні відстані.

Ряд регіонів України періодично потерпає від руйнівних наслідків повеней та зсувів, тому розроблена конструкція, яка складається із вертикальних стійок і закріпленої до них поздовжньої балки, яка виконана із розгорнутих у смуги протекторних частин, які повернуті тильною стороною назовні і нерухомо закріплені одна до одної. При цьому смуги протекторних частин вирізані із спрацьованих шин вантажного автотранспорту з металевим кордом. Таке бар'єрне дорожнє огороження забезпечує запобігання травматизму водія і пасажирів при наїзді автомобіля на огороження за рахунок високої здатності матеріалу шин до деформацій і поглинання енергії удару. Крім того, воно легко покривається антифрикційним покриттям і фарбується, не піддається атмосферній корозії, є надійним і довговічним. Слід також підкреслити, що на сучасному етапі у більшості бар'єрних огорожень автомагістралей поздовжні металеві балки виконані з дорогого металевого хвильового профілю. В той же час заміна дорогих металоемних елементів конструкцій бар'єрних огорожень на елементи з дешевої вторинної гумокордної сировини дозволяє значно скоротити витрати на облаштування автомагістралей і одержати суттєву економію в державному

масштабі.

Вибухо-циркуляційний спосіб переробки покришок у порівнянні з іншими базується на принциповій заміні способу руйнування з традиційного механічного на вибуховий з циркуляцією продуктів вибуху. А вибух, як відомо, найсильніший і дешевий руйнівник в природі. Без сумніву, ця технологія дозволила здійснити прорив у сфері переробки покришок.

Кріогенний спосіб полягає у тому, що шини спочатку заморожують, а потім руйнують. За рахунок замороження процес руйнування і відокремлення металокорду спрощується. Ця технологія розповсюджена в США, а добутий таким способом порошок гуми має назву кріогуми.

Термічні способи утилізації шин. Серед цих способів використовується спалювання та піроліз. Спалювання – один з термічних способів переробки автомобільних шин, є одним з найпростіших способів переробки шин, полягає в високотемпературному окисленні, в основному в барабанних печах на цементних заводах.

Фізико-хімічні способи утилізації шин. Розчинення в органічному розчиннику – процес термозрідження відходів при запуску в органічному розчиннику при температурі 280-435 °С і тиску не менше 6,1 МПа, відділення рідкої фракції на фракцію з температурою кипіння вище 220 °С. При цьому рідку фракцію з температурою кипіння до 220 °С піддають каталітичному риформінгу, і частина рідкої фракції після цього використовують в якості цільового продукту, а частину використовують як розчинник з новою порцією відходів.

Руйнування покришки озоном (технологія «озонового ножа») базується на руйнуванні гуми фоновим озоном, який міститься в атмосфері.

Мікробіологічні способи утилізації шин. Одним із способів утилізації шин є мікробіологічні, а саме деструкція суцільнолитих шин мікроскопічними грибами.

Автомобільні шини як альтернативне паливо. Учені однієї з Одеських компаній створили паро-термічний реактор, за допомогою якого структура автогуми змінюється у зворотному процесі, тобто з'являється синтетична нафта, газ та металевий корд. До того ж, надлишковим теплом від термічної реакції можна обігрівати взимку лікарні, дитсадки та школи.

Відпрацьовані шини в цементному виробництві. Висока енергоємність виробництва портландцементного клінкеру, а також постійне зростання цін на викопне паливо призводять до того, що енергетичне використання альтернативних палив з горючих промислових і комунальних відходів стає одним із головних напрямків діяльності цементної промисловості на шляху до підвищення ефективності виробництва.

### **Література**

1. Технологія утилізації та переробки шин. – [Режим доступу: <http://ecogreenline.com.ua/ua/articles/21>].

2. Верлан Т. Л. Обладнання для переробки зношених шин / Т. Л. Верлан, А. П. Мартиненко // Вісник КНТУ, – К.: 2010. – С. 338-341.

3. Березюк А. П. Аналіз способів утилізації відпрацьованих автомобільних шин / А. П. Березюк, В. А. Іщенко // Матеріали Міжнародної наукової конференції «Від заповідання до збалансованого природокористування», 20-22 березня, 2013. – Донецьк, 2013. – С. 105-106.

УДК 621.82

Ю.І. Пиндус, канд. техн. наук, доц., Р.Р. Заверуха, В.Є. Фарйон, В.О.Цокало  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ГРМ ПО ОСЦИЛОГРАМАХ РОЗРІДЖЕННЯ У ВПУСКНОМУ КОЛЕКТОРІ ДВЗ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ

Y.I. Pyndus, PhD., R.R. Zaveruha, V.E. Farion, V.O. Tsokalo

### RESEARCH OF VVEL OPERATING MODES USING OSCILLOGRAMS OF VEHICLES INTAKE MANIFOLD

Діагностування по розрідженню у впускному колекторі виконували без запуску двигуна шляхом прокручування колінчастого вала стартером. По величині розрідження і характеру його зміни, відповідно до порядку роботи циліндрів двигуна оцінювали про стан впускного колектора і впускних клапанів. У справного і нормально працюючого двигуна діаграма розрідження мала характерну закономірність схожу до синусоїди. Зміна розрідження для кожного циліндра повинна носити приблизно однаковий характер і величину. Для дослідження використано створений діагностичний комплекс: комп'ютерний діагностичний стенд; осцилограф; мультиметр; автотестер; сенсори.

Структурна схема приєднання сенсорів подана на рисунку 1.



Рисунок 1 - Схема приєднання сенсорів

Результати досліджень при під'єднанні сенсорів:

а) Двигун справний. Осцилограма має форму умовної синусоїди.

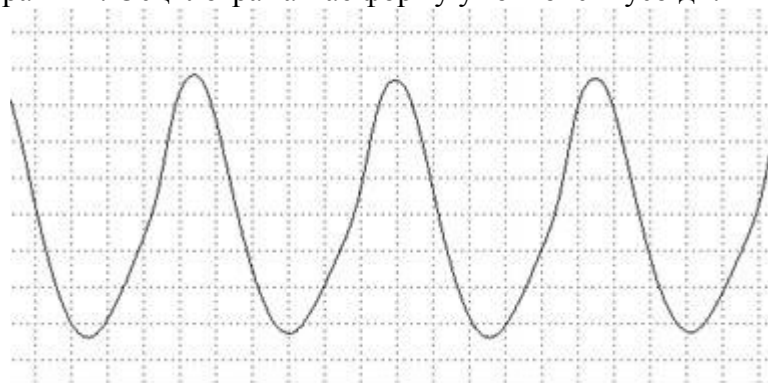


Рисунок 2 – Осцилограма розрідження при справному ДВЗ

б) Невірно встановлений або "проскочив" пас приводу розподільчого вала. Осцилограма приймає пилоподібну форму.

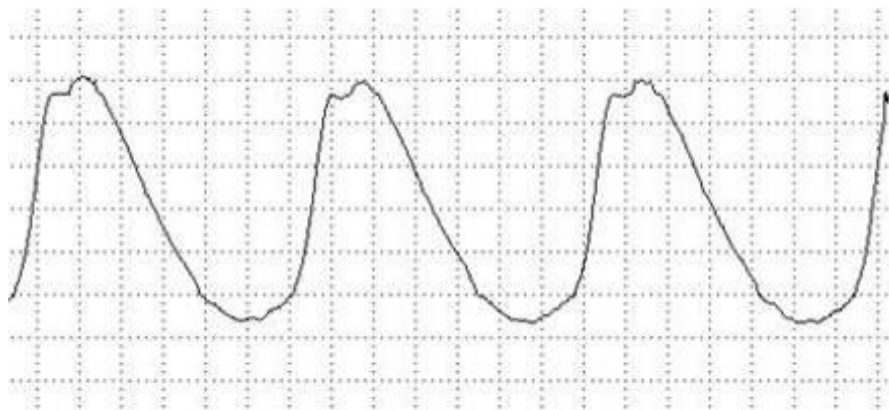


Рисунок 3. Осцилограма розрідження при неправильно встановленому пасі  
в) Значний нагар на клапанах. Погане наповнення циліндрів сумішшю.  
Осцилограма має шуми, які свідчать про перешкоди попадання робочої суміші в  
циліндри двигуна.

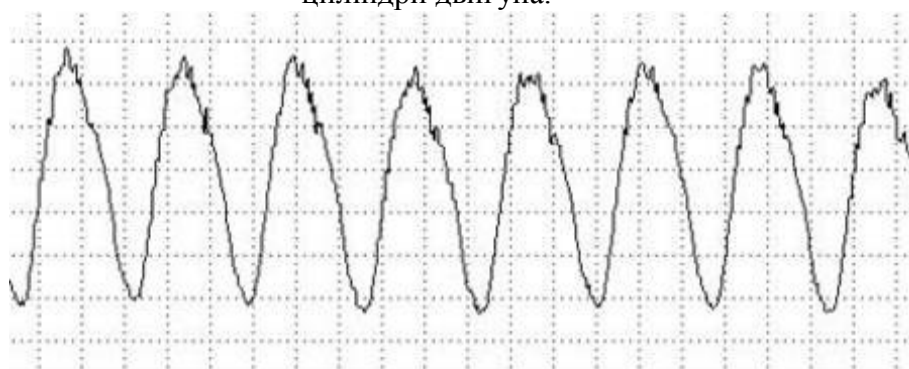


Рисунок 4. Осцилограма розрідження при нагарі на клапанах  
г) Неоднакове відкриття клапанів циліндрів. Нещільне прилягання клапанів в  
гніздах. Неправильне регулювання теплових зазорів. Пошкодження  
гідрокомпенсаторів.

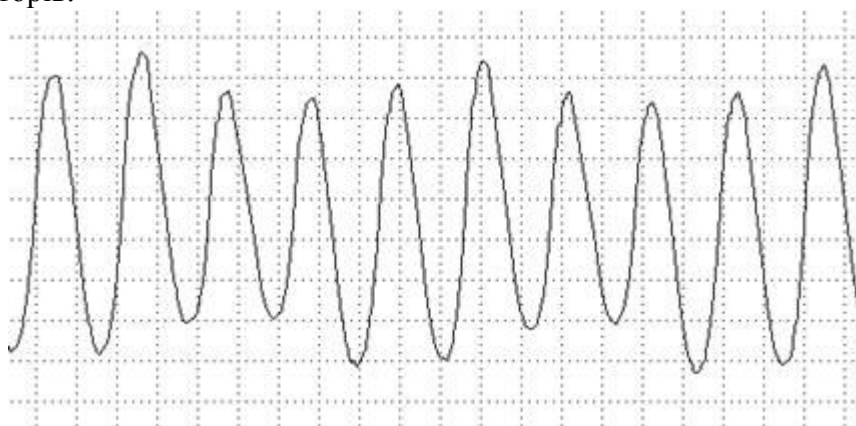


Рисунок 5. Осцилограма розрідження при неправильному положенні клапанів

#### **Література**

1. Методика определения погрешности измерения параметров при статических продувках элементов микротурбин / Матвеев В. Н., Сивиркин Д. В., Тихонов Н. Т. Сборник научных трудов -Самар. гос. аэрокосм. ун-т. Самара, 1995. 80 с.
2. Расходомеры и счетчики количества./Кремлевский П. П. М.: Машиностроение, 1975, 776 с.



**УДК 631.356**

**Г.Б. Цьонь**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ГИЧКОЗБИРАЛЬНОГО МОДУЛЯ**

**A.B. Tson**

### **RESEARCH PROGRAM OF HAULM-CUTTING MODULE WORKING ELEMENTS**

Відповідно до поставлених завдань, а також для перевірки адекватності результатів теоретичних досліджень технологічного процесу зрізування гички та дообрізування її залишків з головок коренеплодів, було розроблено програму проведення експериментальних досліджень гичкозбирального модуля.

Програма включає наступні основні напрямки науково-дослідних робіт:

1. На основі аналізу існуючих недоліків у роботі сучасних гичкозбиральних машин розробити конструктивно-технологічну схему гичкозбирального модуля з використанням удосконалених робочих органів. Виготовити дані зразки робочих органів гичкозбирального модуля та встановити їх на польову експериментальну установку.

2. Провести натурні експериментальні дослідження з метою отримання рівнянь регресії, які характеризують:

- емпіричну залежність зміни секундної подачі рослинних компонентів, які зрізуються ножами роторного гичкоріза до гвинтового конвеєра від основних параметрів процесу – швидкості руху гичкозбирального модуля, густоти насаджень коренеплодів і інтервалу зміни урожайності гички;

- залежність зміни продуктивності роботи гичкозбирального модуля від основних параметрів технологічного процесу – швидкості руху гичкозбирального модуля, частоти обертання шнека;

- емпіричну залежність зміни пошкодження коренеплодів і кількості вибитих коренеплодів з ґрунту серійним і удосконаленим дообрізником головок коренеплодів залежно від параметрів процесу.

3. Провести порівняльні польові дослідження основних показників якості роботи збирання гички коренеплодів удосконаленим та базовим гичкозбиральним модулем та визначити економічну ефективність їх використання в умовах виробництва та експлуатації.

Об'єктом дослідження експериментального зразка гичкозбирального модуля та його робочих органів – шнекового конвеєра та дообрізника головок коренеплодів, є технологічний процес збирання гички, або його основні операції, які включають в собі зрізування основного масиву гички роторним гичкорізом, переміщення зрізаної та подрібненої ножами роторного гичкоріза гички шнековим конвеєром з подальшим вивантаженням гички у валок на зібране поле; дообрізування залишків гички з головок коренеплодів робочими органами дообрізника.

Предметом дослідження є конструктивно-кінематичні параметри робочих органів гичкозбирального модуля, які забезпечують виконання технологічного процесу збирання гички коренеплодів і показники продуктивності та якості його роботи. Складовими компонентами проведення експериментальних досліджень технологічного процесу збирання гички є дослідження основних аспектів зміни технологічних параметрів і показників якості роботи гичкозбирального модуля.

**УДК 004.4**

**<sup>1</sup>Т.В. Чорний, <sup>2</sup>А.В. Грабар**

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

<sup>2</sup>ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут», Україна

## **ПРОГРАМНІ КОМПЛЕКСИ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕЧІЇ ПАЛИВА В ПРОТОЧНІЙ ЧАСТИНІ РОЗПИЛЮВАЧА ФОРСУНКИ**

**T.V. Chorny, A.V. Hrabar**

### **SOFTWARE COMPLEXES FOR MODELING FUEL FLUORING IN THE SIDE OF SUSPENSION SUSPENSION**

Для оцінки впливу геометрії проточної частини розпилювача форсунки необхідно використовувати тривимірні моделі кожного з конструктивних рішень і обчислювальними методами знайти параметри течії за усім обсягом проточної частини. Для вирішення такого типу завдань розроблені готові програмні продукти, з використанням яких досягаються дуже точні результати розрахунку. Проте існує безліч чинників, що ускладнюють проведення подібних розрахункових досліджень. Першим з них є необхідність моделювання потоку палива з великими швидкостями і високими числами Рейнольдса. При цьому необхідно враховувати, що через наявність місцевих опорів можливе виникнення турбулентних вихрів, що чинять значний вплив на характер течії рідини, і, отже, на параметри потоку на виході їх розпилюючих отворів форсунки.

Існують і успішно використовуються різні програмні продукти, що дозволяють вирішувати завдання гідродинаміки. Найбільш відомі наступні програмні комплекси (ПК): Ansys (Ansys Inc.), NX Nastran (Siemens PLM software), SAMCEF (SAMTECH), Star - CD, ABAQUS, CAELinux, SINF (Supersonic to Incompressible Flows), ряд вітчизняних програмних комплексів. Серед цих програмних продуктів слід виділити програмний комплекс (ПК) Ansys CFX v12.1. Цей ПК вже має розроблені моделі турбулентності, а його ефективність підтверджена численними розрахунковими дослідженнями. У програмному комплексі Ansys CFX для вирішення завдань гідромеханіки використовується метод кінцевих об'ємів (МКО).

При використанні МКО просторова дискретизація вирішуваної задачі здійснюється шляхом розбиття розрахункової області на невеликі дотичні об'єми, для кожного з яких записується балансове співвідношення [121]. У середині кожного контрольного об'єму знаходиться одна (і тільки одна) точка "прив'язки" шуканого сіткового рішення. У більшості розробок, орієнтованих на рішення тривимірних завдань гідродинаміки для областей складної геометрії, в якості контрольного об'єму використовуються осередки розрахункової сітки : вузли сітки розташовуються у вершинах многогранника (для структурованих сіток - гексаедра), сіткові лінії йдуть уздовж його ребер, а значення шуканих величин приписуються геометричному центру осередку [121]. Альтернативними варіантами вибору контрольного об'єму можуть бути, наприклад, побудова контрольного об'єму навколо вузла сітки або введення різних контрольних об'ємів для різних змінних. Але такий вибір контрольного об'єму використовується рідше.

#### **Література**

1. Ganipa L.C. Andersson S., Chomiak J. Combustion Characteristics of Diesel Sprays from Equivalent Nozzles with Sharp and Rounded Inlet Geometries // Combustion Science Technologies. 2003. Vol. 175. P.1015-1032.

**УДК 656.073**

**Г.Г. Якобчук**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ В ЛОГІСТИЦІ**

**Н.Н. Yakobchuk**

### **EFFICIENCY OF USE OF ELECTRIC TRANSPORT IN LOGISTICS**

Перевезення вантажів — одна з вагомих ланок національної економіки держави. На відміну від виробничих галузей, транспорт не виробляє продукту, проте продовжує процес виробництва у сфері послуг, тому що без нього неможливе кінцеве доведення продукції до споживачів. Транспорт забезпечує зв'язки між галузями та підприємствами національної економіки, регіонами держави, виробниками та споживачами.

Для визначення транспортних тарифів базу становить собівартість перевезення вантажів, до складу якої входить вартість засобів виробництва, які використовуються у процесі перевезення, заробітна плата працівників та інші витрати. Собівартість перевезення залежить від величини вантажного потоку, його складу, напрямку руху, відстані перевезення, виду транспорту й інше.

Формування транспортних тарифів має певні особливості, пов'язані з властивостями транспорту як сфери діяльності. Розглянемо основні з них.

1. Транспорт не виготовляє нового товару, однак є галуззю матеріального виробництва, що реалізує функції доведення товарів до споживачів і надання послуг.

2. Унаслідок діяльності працівники транспорту не змінюють виробу, однак вартість останнього збільшується, оскільки витрачаються матеріальні, фінансові та трудові ресурси, що створюють собівартість послуги, пов'язаної з транспортуванням вантажів.

3. Тариф залежить також від умов транспортування, витрат на транспортування на різних ділянках шляхів, оптимальної пропускної здатності транспортної мережі.

4. Транспортний тариф залежить ще й від виду продукції, що транспортується, відстані, швидкості перевезення, виду відправлення. У розрахунку транспортного тарифу враховуються тип рухомого складу, ступінь завантаженості транспортного засобу тощо.

5. Транспортні тарифи проявляються в усіх елементах роздрібної ціни, оскільки послугами транспортних підприємств користуються як підприємства-виробники, так і підприємства-посередники (зокрема, роздрібні торговельні підприємства).

6. Транспортні підприємства застосовують різні ресурси (залізо, вугілля, нафту, газ, електроенергію, будівельні матеріали й ін.), вартість яких входить у собівартість перевезень. Тому ціни на ці ресурси істотно впливають на затрати транспортних підприємств і вартість тарифу взагалі.

Процес перевезення вантажів складається з трьох етапів: початкового, рухомого та кінцевого. Із урахуванням типовості початкового та кінцевого етапів виділяють витрати на здійснення початково-кінцевих і рухомих операцій. До початково-кінцевих належать витрати на утримування рухомого складу на стоянках, на його підготовку та завантаження, на різні маневрові роботи, тобто на всі роботи, не пов'язані з рухом і відстанню перевезень. Рухомі операції передбачають витрати на утримування рухомого складу на шляху пересування вантажу.

Зі збільшенням відстані перевезення вантажів собівартість перевезення 1 т-км зменшується, тому що зменшуються відносні витрати на початково-кінцеві операції з

переміщення вантажів на 1 км.

$$X = N + V \cdot \beta, \quad (1)$$

$X$  – собівартість транспортного тарифу

$N$  – Витрати на початково-кінцеві операції

$V$  – Відстань перевезень

$\beta$  – витрати на перевезення (рухомі, шляхові) вантажу на 1 км

Тому зниження ціни на перевезення товару може досягатися різними способами, або зменшенням витрат на початково-кінцеві операції шляхом автоматизації процесу загрузки та вигризки, зменшення простою, оренди приміщень та зменшенням шляхових витрат.

Одним з способів зменшення витрат на сьогоднішньому етапі є використання електрокарів в сфері логістики як в точках де відбуваються перевезення на великі відстані так і в локальних перевезеннях товарів.

$$\beta = C + Z + A + K, \quad (2)$$

$C$  – Собівартість пального на км

$Z$  – Заробітна плата водієві

$A$  – Акумуляційні витрати

$K$  – Витрати на координацію

Такий підхід зумовлений тим, що при правильному використанні рухомий склад буде приносити вищі прибутки через нижчі витрати на пальне та мастила, а в майбутньому не потребуватиме витрат на координацію та заробітну плату, це знизить рухомі - шляхові витрати на 1км . Зниження витрат на початкові та кінцеві операції буде досягатися простішим обслуговування більш уніфікованої конструкції автомобіля, зменшення механічних елементів в якому призведе до зростання надійності. Фактично ремонт автомобіля буде зводитись в основному до ремонту ходової та заміні акумуляторних батарей.

Наприклад Tesla Semi Truck коштує неймовірних 180 000\$ проте вона здатна перевозити 40 тон на відстань у 800 км. Зважаючи що її акумуляторна батарея літій-ферум полімерна її вистачить на 3000 циклів заряду тобто вона зможе проїхати 2 400 000 кілометрів. Оскільки в класичного тягача Mercedes-Benz Actros розхід 30 літрів дизпалива на 100 км при ціні у 35 грн/л проїхати дану відстань для дизельного автомобіля буде коштувати 868 966\$. Звісно акумуляторні батареї з часом доведеться змінювати проте вони коштуватимуть 100 000 \$, витрати на електроенергію складуть 65 000\$.

Використання електротранспорту для доставки вантажів в процесі логістики може суттєво скоротити як шляхові так і витрати на початково-кінцевому етапі, що допоможе отримувати більший прибуток.

### **Література**

1. Коваленко В.М., Щуріхін В.К., Машика Н. Б. Вантажні автомобільні перевезення: Підручник. - К.: Літера ЛТД, 2006. - 304 с.

2. Скрипник В.М. Представлення електричної вантажівки Tesla Semi Truck з дальністю руху 800 кілометрів: <https://itc.ua/news/predstavlen-elektricheskiy-gruzovik-tesla-semi-truck-s-dalnostyu-hoda-800-km/> (дата публікації 17.11.2017).

3. Технічна характеристика, опис, фото та відео різних модифікацій вантажних автомобілів: <https://gruzovo.com/mercedes-actros.html>.

## **ЗМІСТ**

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

1. І.М. Карпович, С.Б. Коник 5  
МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ ПУЛЬСУЮЧОЇ РІДИНИ В КАПЛЯРАХ ПІД  
ВПЛИВОМ СИЛОВОГО ПОЛЯ
2. Ю.І. Козбур 6  
ВПЛИВ ФОРМИ ГРАНИЦІ ОБЛАСТІ ДЛЯ ЗАДАЧІ ДІРІХЛЕ НА  
ТОЧНІСТЬ ЧИСЕЛЬНОГО РОЗВ'ЯЗКУ
3. Ю.Ф. Терновий, Н.В. Лічконенко 7  
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ УТВОРЕННЯ СФЕРИЧНИХ  
МІКРОГРАНУЛ БЕЗ САТЕЛІТІВ ДЛЯ ПОВЕРХНЕВО-ПЛАСТИЧНОЇ  
ДЕФОРМАЦІЇ ВІДПОВІДАЛЬНИХ ВИРОБІВ
4. М.В. Мачуляк, В.Р. Слободян, В.В. Пекельна, І.А. Фольварков 9  
АЛГОРИТМ ПЕРЕВІРКИ ЧИСЕЛ НА ПРОСТОТУ В СИСТЕМІ  
ЗАЛИШКОВИХ КЛАСІВ
5. Р.І. Михайлишин, В.Б. Савків, Т.А. Ющак 11  
ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ВАНТАЖНО-  
РОЗВАНТАЖУВАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ  
ВАКУУМНИХ ЗАХОПЛЮВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ
6. В.В. Суслін, Ю.М. Кладій, А.М. Гринчук, С.В. Стихальська 13  
ПОБУДОВА МОДИФІКОВАНОЇ ДОСКОНАЛОЇ ФОРМИ СИСТЕМИ  
ЗАЛИШКОВИХ КЛАСІВ НА ОСНОВІ ТЕОРЕМИ ВІСТА

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

1. В.М. Адамчук, П.В. Асафат 15  
ДОСЛІДЖЕННЯ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ, ТРИЩИННОСТІЙКОСТІ ТА  
ДЕФОРМАТИВНОСТІ ЗГІНАЛЬНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК
2. М.А. Басара 16  
ВПЛИВ КОНСТРУКЦІЇ ВУЗЛІВ НА РОЗПОДІЛ НАПРУЖЕНЬ  
ВЗДОВЖ НИЖНЬОГО ПОЯСУ ЗВАРНИХ ФЕРМ
3. Г.І. Борис, Т.В. Зуляк, О.А. Шимків 17  
ДОСЛІДЖЕННЯ КУБОВОЇ МІЦНОСТІ КЕРАМЗИТОБЕТОНУ  
НЕРУЙНІВНИМИ МЕТОДАМИ КОНТРОЛЮ
4. А.В. Бучинський 19  
ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ БЕТОНУ НЕРУЙНІВНИМИ МЕТОДАМИ  
КОНТРОЛЮ

5. .Б. Каспрук, С.Ф.Гарбарчук 20  
ДОСЛІДЖЕННЯ УТВОРЕННЯ ДЕФЕКТІВ У ЕЛЕМЕНТАХ  
ПЕРЕКРИТТІВ
6. В.О. Гибайло, Р.Ю. Кошеватий, О.В. Куделевич, Р.Є. Держерука, 21  
І.М. Підгурський  
ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ПРОГРАМНИХ КОМПЛЕКСІВ ДЛЯ  
РОЗРАХУНКУ ФУНДАМЕНТІВ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД
7. О.А. Гика 23  
ПОРІВНЯННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ТА  
АНАЛІТИЧНОГО РОЗРАХУНКУ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ  
БУРОНАБИВНИХ ПАЛІВ
8. Н. Громосяк, А.М. Дзюбак, Я.О. Ковальчук 24  
ЗАЛЕЖНІСТЬ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ ОБЛИЦЮВАЛЬНОЇ  
ПУСТОТІЛОЇ КЕРАМІЧНОЇ ЦЕГЛИ ВІД ЗМІНИ ВОЛОГОСТІ
9. О.В. Дивдик, Н.С.Луцик 25  
МОДЕЛЮВАННЯ ЕФЕКТУ ПАМ'ЯТІ ФОРМИ МЕТОДОМ  
СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ
10. О.П. Ясній, І.С. Дідич 27  
ОЦІНКА МІЦНОСТІ ТА ДОВГОВІЧНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ  
КОНСТРУКЦІЙ НЕЙРОННИМИ МЕРЕЖАМИ
11. Х.А. Духняк 29  
ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННОГО МІЖПОВЕРХОВОГО  
ПЕРЕКРИТТЯ
12. В.Б. Каспрук, П.І. Ільницький 30  
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗАХИСНОГО ПОКРИТТЯ НА  
ВЛАСТИВОСТІ БЕТОНУ
13. Ю.І. Кіндрат, Я.О. Ковальчук 31  
ТРИМКІСТЬ ЗВАРНИХ ПІДКРОКВЯНИХ ФЕРМ ІЗ ТРУБЧАСТИХ  
ЕЛЕМЕНТІВ
14. О.М. Князев 33  
КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ У РАКЕТОБУДУВАННІ
15. М.Б. Колісник, Л. Собашек, В.П. Ясній 35  
ОБГРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ СПФ СПЛАВІВ У  
ДЕМПФУЮЧИХ ПРИСТРОЯХ
16. А.В. Коломій 36  
ВПЛИВ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМІВНОГО СТАНУ У ВУЗЛАХ  
ЗВАРНИХ ФЕРМ НА ЇХ МАТЕРІАЛОМІЦКІСТЬ

17. С.А.Лебішак 37  
ОПТИМІЗАЦІЯ МАТЕРІАЛОМІСТКОСТІ ЗВАРНОЇ КРОКВЯНОЇ  
ФЕРМИ
18. І.М. Підгурський, В.М. Антонюк, М.І. Москалик, І.І. Білоус, Т.І. Дячун 38  
МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМІВНОГО СТАНУ  
ТОНКОСТІННИХ КОНСТРУКЦІЙ З ГОФРОВАНИМИ СТІНКАМИ
19. Ч.В. Пулька докт. техн. наук, В.С. Сенчишин, М.М. Верхогляд, А.Г. Нікітчук, С.К. Прут, Д.Ю. Суліковський 39  
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА ТЕХНОЛОГІЯ НАПЛАВЛЕННЯ ТОНКИХ  
ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ
20. В.Б. Равчак 40  
ГРАНИЧНИЙ СТАН АРКОВОЇ ФЕРМИ ПРИ ПОЖЕЖІ
21. Д.Т. Срібняк 41  
ДОСЛІДЖЕННЯ ОПОРУ ЗМІНАННЯ ЛЕГКИХ СТАЛЬНИХ  
ТОНКОСТІННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЗАМКНУТОГО ПРОФІЛЮ
22. Т.А. Федорчук 42  
ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ МОНОЛІТНОЇ РЕБРИСТОЇ ПЛИТИ  
ПЕРЕКРИТТЯ В ПК ЛИРА
23. І.Т. Ярема, А.М. Антонов, П.В. Колибаб'юк, Н.М. Мотринець 43  
ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ЕПОКСИКОМПОЗИТІВ  
ЗОВНІШНІМИ ЕНЕРГЕТИЧНИМИ ПОЛЯМИ

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

1. А.В. Бабій, І.А. Симчак, І.В. Говдун 44  
ОБІРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРИСТРОЮ ДЛЯ РОЗПУШЕННЯ  
СКОШЕНОЇ МАСИ КОСАРКОЮ-ПЛЮЩІЛКОЮ
2. А.В. Бабій, С.І. Коноваленко, А.Р. Миколаєвич 46  
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РОБОТИ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОГО  
ГРУНТООБРОБНОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ
3. М.Р. Паньків, Бабуля Пшемислав 57  
ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ОТВОРІВ
4. Є.Б. Береженко 47  
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ КІЛЬКОСТІ ЗРІЗАНОЇ ГИЧКИ  
РОТОРНИМ ГИЧКОРИЗОМ
5. В.А. Бойко, В.Ю. Грицик 50  
ТЕПЛОВІ ПРОЦЕСИ ЕЛЕКТРОДУГОВОГО ЗВАРЮВАННЯ В  
ЗАХИСНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

6. Є.А. Басюк, І.В. Вильотник 52  
МОДЕЛЮВАННЯ ПУСТОТНИХ МОНОЛІТНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПЛИТ МЕТОДОМ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ
7. Д.О. Вітенько, А.П. Сорочак 54  
ЗАСТОСУВАННЯ ТЕПЛОАКУМУЛЮЮЧИХ ПРИСТРОЇВ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ З ТЕПЛОВИМ НАСОСОМ ДЛЯ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД
8. В.Н. Волошин, В.В. Луців 56  
ФОРМОУТВОРЮЮЧІ МОЖЛИВОСТІ П'ЯТИКООРДИНАТНОГО ФРЕЗЕРНОГО ВЕРСТАТУ З ЧПК
9. В.Н. Волошин, І.І. Грицишин, Т.Ю. Ратушко 58  
ШИРОКОДІАПАЗОННІ ПЛУНЖЕРНО-КЛИНОВІ ТОКАРНІ ПАТРОНИ
10. Б.М. Гевко, П.В. Казмірчук 59  
ІНДИКАТОРНИЙ НУТРОМІР
11. Б.М. Гевко, Р.М. Котик 61  
ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ГВИНТОВИХ ГОФРОВАНИХ ЗАГОТОВОК
12. О.П. Маруніч 64  
ГВИНТОВИЙ ЗМІШУВАЧ З ПІДНІМАЛЬНО-ПЕРЕСИПНИМ МЕХАНІЗМОМ
13. І.І. Гойчак 66  
ЕТАПИ МАШИННОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ПРИВОДІВ МЕТАЛОРІЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ
14. М.Р. Паньків, О.В. Гнот 67  
ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ РЕЖИМІВ ТОЧІННЯ ІНСТРУМЕНТАМИ З НАДТВЕРДИХ МАТЕРІАЛІВ
15. А.І. Горбоніс, В.І. Піхоцький; Н.І. Хомик 68  
ОБҐРУНТУВАННЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ КОНСТРУКЦІЇ КОРПУСА ПЛУГА
16. С.О. Григорчук 70  
АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ РІЗНИХ СИСТЕМ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ У СУЧАСНОМУ БУДІВНИЦТВІ
17. Ю.В. Грицай 71  
МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЗАВАНТАЖУВАЛЬНОГО БУНКЕРА ТРАНСПОРТЕРА-ПОДРІБНЮВАЧА



18. Д.С. Гриценко 73  
ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЙ КУЛАЧКОВИХ МЕХАНІЗМІВ  
ПЕРІОДИЧНОГО ПОВОРОТУ ТРАНСПОРТУВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ  
ТАМПОДРУКАРСЬКИХ МАШИН
19. А.М. Гудима, Ю.А. Умзар, В.В. Лесів, А.С. Марценюк 75  
МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ  
РАДІОЛОКАЦІЙНИХ  
СИГНАЛІВ
20. А.Б. Гупка, Б.М. Заяць, М.Б. Карвацький. 77  
ТРИБОЛОГІЧНА НАДІЙНІСТЬ ВАЖКОНАВАНТАЖЕНИХ ПАР ТЕРТЯ  
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ГРУПИ В РЕЖИМАХ ПЕРЕХІДНИХ  
ПРОЦЕСІВ. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ.
21. Л.М. Данильченко, Я.Т. Кушнір 78  
ДОСЛІДЖЕННЯ ІМІТАЦІЙНО-РЕОЛОГІЧНОЇ МОДЕЛІ  
ФУНКЦІОНАЛЬНО-ОРІЄНТОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ТП
22. Л.М. Данильченко, В.М. Сарафін 80  
ДОСЛІДЖЕННЯ САМ-СИСТЕМИ ДЛЯ РОЗРОБЛЕННЯ КЕРУВАЛЬНОЇ  
ПРОГРАМИ ВЕРСТАТА З ЧПК
23. Л.М. Данильченко, А.С. Хассан 82  
ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ПРОТИДІЇ ТЕПЛОВИМ ДЕФОРМАЦІЯМ  
ДЕТАЛЕЙ В ПРОЦЕСІ ЇХ ВИГОТОВЛЕННЯ І ЕКСПЛУАТАЦІЇ
24. Л.М. Данильченко, О.Є. Шушкевич 84  
ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИСОКОШВИДКІСНОГО  
ФРЕЗЕРУВАННЯ СКЛАДНИХ ДЕТАЛЕЙ І ВУЗЛІВ
25. В.М. Дмиш, В.Л. Дунець, В.В. Лесів, А.С. Марценюк 86  
ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ПАРАМЕТРІВ ОГЛЯДОВОГО  
РАДІОЛОКАТОРА ТРЛК-10ТС
26. О.Р. Доскоч, Н.І. Хомик 88  
УДОСКОНАЛЕННЯ СІВАЛКИ ССТ-12Б ДЛЯ СІВБИ ЦУКРОВИХ  
БУРЯКІВ У БОРОЗНУ
27. А.Є. Дячун, В.П. Михайлюк, В.С. Гандзій 90  
КІНЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕРХНІ КОМБІНОВАНИХ  
ГВИНТОВИХ ЗАГОТОВОК
28. А.Є. Дячун, В.С. Гандзій, В.П. Михайлюк 91  
СПОСІБ ФОРМОУТВОРЕННЯ ГОФРОВАНИХ ГВИНТОВИХ  
ПОВЕРХОНЬ
29. А.Ф. Залятов, В.Т. Лебідь 92  
МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ЗМІЩЕННЯ БАНДАЖА З ВІСІ  
СКЛАДЕНОГО ВАЛЬЦЮВАЛЬНОГО ВАЛКА НА СТАДІЇ ЙОГО  
НАГРІВАННЯ ПІД ДЕМОНТАЖ

30. В.Б. Ігнат'єва, В.М. Білінський, В.М. Бень, Д.В. Скакун 94  
ВИКОРИСТАННЯ ДЕФОРМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ПРИ РОЗРАХУНКУ  
НЕСУЧИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД
31. Д.О. Ільчук, І.Г. Ткаченко 95  
ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ОСНОВНИХ ОТВОРІВ  
З МЕТОЮ ВИПРАВЛЕННЯ БРАКУ
32. С.В. Іщук, А.П. Сорочак 97  
ОЦІНКА НДС СТАЛЕВОЇ ФЕРМИ ПІД ЧАС ПОЖЕЖІ
33. П.В. Казмірчук, Б.Т. Бартош 98  
УНІВЕРСАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ РОЗТОЧУВАННЯ ОТВОРІВ І  
НАРІЗАННЯ РІЗИ
34. А.В. Кенс, І.П. Федорів 99  
ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ  
КОНЦЕНТРАЦІЇ БОРНОЇ КИСЛОТИ В ДЕАЕРАТОРІ
35. Я.І. Кіхевка, П.С. Федорів 101  
ДОСЛІДЖЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА НЕРІВНОМІРНОСТІ ПОДАЧІ  
ВИТІСНЮВАЧА ВАКУУМНОГО ШПРИЦА
36. Р.І. Когут 103  
УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ХОДОВОЇ ЧАСТИНИ  
РОЗКИДАЧА ОРГАНІЧНИХ ДОБРІВ РОУ-6
37. М.Р. Паньків, О.В. Командовський 104  
ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМУ  
РІЗАННЯ
38. В.В. Комарянський, М.І. Лопушнська 105  
ШЛЯХИ ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ  
ПРИ ВІБРОАБРАЗИВНІЙ ОБРОБЦІ
39. О.П. Конончук, О.В. Жижін, С.Є. Дохтич 106  
ДОСЛІДЖЕННЯ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ПІДСИЛЕНИХ ЗГИНАЛЬНИХ  
ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ
40. М. Г. Королько, І.Г. Ткаченко 107  
ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ ЕЛЕКТРОЕРОЗІЙНОЇ ОБРОБКИ  
ФОРМОУТВОРЮЮЧИХ ПОВЕРХОНЬ ПРЕС-ФОРМ
41. П.Д. Кривий, В.Р. Кобельник, В.Р. Крупа, Н.М. Тимошенко, Ю.І. Кухарук 108  
ІМОВІРНІСНО-СТАТИСТИЧНИЙ МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ  
ПОДАЧІ НА ПЛАСТИЧНІСТЬ ЗРІЗУВАНОВОГО ШАРУ ПРИ ТОЧІННІ
42. П. Д. Кривий, Н. М. Тимошенко, А. А. Сенник, І. А. Дехтерук. 109  
ІМОВІРНІСНО- СТАТИСТИЧНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ЗУСИЛЛЯ  
ДОРНУВАННЯ ВНУТРІШНІХ ЦИЛІНДРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ  
ЗГОРТНИХ ВТУЛОК

43. В.В. Крупа, Д.С. Поліщук 110  
МОДЕРНІЗАЦІЯ ГАЙКОНАРИЗНОГО АВТОМАТУ ДЛЯ  
ЗАПОБІГАННЯ ПОЛОМОК ІНСТРУМЕНТУ
44. А.Ф. Кузюк, І.Ю. Саковець 111  
УДОСКОНАЛЕНИЙ СПОСІБ КОНТАКТНОГО ТОЧКОВОГО  
ЗВАРЮВАННЯ ТОНКИХ ПЛАСТИН
45. В.С. Кулай, Ю.А. Умзар, В.В. Лесів, А.С. Марценюк 113  
МЕТОД ОБРОБКИ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СИГНАЛІВ З ВЕЛИКОЮ  
БАЗОЮ
46. К.А. Кулібаба 115  
ТЕПЛОПРОВІДНІСТЬ МІНЕРАЛЬНОЇ ВАТИ
47. І.І. Куцин, І.М. Бортник 116  
РОЗШИРЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ВАЛКОВОЇ  
ЖАТКИ ЖВР-10
48. В.Р. Ласько, В.В. Васильків 117  
ВИБОР РАЦІОНАЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІИ И ТЕХНОЛОГИЯ  
ИЗГОТОВЛЕНИЯ НАСАДКИ ДЛЯ СТРЕЛЬБЫ ХОЛОСТЫМИ  
ПАТРОНАМИ
49. О.П. Маруніч, Л.М. Слободян 119  
ШНЕКОВИЙ КОМПЕНСАЦІЙНИЙ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИЙ  
ТРАНСПОРТЕР
50. М.Р. Паньків, П.В. Лесів 121  
ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ СТАЛОСТІ ТА ВИНИКНЕННЯ  
АВТОКОЛИВАНЬ У ТЕХНОЛОГІЧНІЙ ОБРОБЛЮВАЛЬНІЙ  
СИСТЕМІ ПІД ЧАС РІЗАННЯ
51. Ю.І. Лисканич 122  
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СТОХАСТИЧНОСТІ ПОДАЧ НА СИЛУ  
РІЗАННЯ ПРИ ТОЧІННІ
52. І.В. Луців, В.Н. Волошин, І.Р. Петречко, А.О. Мацюрак 124  
ДОСЛІДЖЕННЯ ФОРМОУТВОРЮЮЧИХ ФАКТОРІВ ПРИ  
ПАРАЛЕЛЬНІЙ ТОКАРНІЙ ОБРОБЦІ ДВОСУПОРТНИМИ  
СИСТЕМАМИ
53. В.В. Ляхов, В.С. Томчук, В.В. Чекалін 125  
ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ РЕЖИМУ ДУГОВОГО ЗВАРЮВАННЯ НА  
ФОРМУВАННЯ ЗВАРНОГО ШВА
54. Р.І. Матвієйко 126  
ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДИКИ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ  
ТВЕРДОСТІ ПРУЖНИХ КЛЕМ

55. А.О. Мацюрак 128  
ІМОВІРНІСНИЙ ПІДХІД ДО ВИЗНАЧЕННЯ ДОВЖИНИ ЗАГОТОВКИ  
У ВИГЛЯДІ КАРТОЧКИ ДЛЯ ЗГОРТНИХ ВТУЛОК
56. А.А. Михайлевич, В.П. Олексюк 129  
КОНСТРУКЦІЯ НАКОПИЧУВАЧА ВОРОХУ ЛЬОНУ НА БАЗІ  
ПРИЧЕПУ ГКБ - 8876Д
57. А.В. Михайлишин 130  
ІНЖЕНЕРНА МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ТЕПЛОВИХ ПОТОКІВ В  
ЗОНІ РІЗАННЯ ПРИ ТОЧІННІ
58. Т.Д. Навроцька 131  
КОНТРОЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЗАМІРУ СФЕРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ  
ВТУЛОК
59. П.М. Навроцький, Н.І. Хомик 133  
ПЕРЕВАГИ ЗАСТОСУВАННЯ УДОСКОНАЛЕНОГО  
КОМІРКОВО-ДИСКОВОГО ВИСІВНОГО АПАРАТУ
60. А.М. Олексієвич 135  
ОСНОВНІ ПЕРЕВАГИ ТА ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ  
ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ З МЕХАНІЗМАМИ  
ПАРАЛЕЛЬНОЇ СТРУКТУРИ
61. Є.О. Олійник 136  
ТЕХНОЛОГІЧНА ПОДАЧА ВИКОПАНИХ КОРЕНЕПЛОДІВ ЦИКОРІО  
ДО ОЧИСНИКА ВОРОХУ
62. Ю.Ф. Павельчук 138  
ОСОБЛИВОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ НАСІНЕВИХ СТРІЧОК ПОСІВНИХ  
МАШИН
63. Ю.Є. Паливода, П.О. Вдовиченко 140  
ДОСЛІДЖЕННЯ ШОРСТКОСТІ ПОВЕРХОНЬ ПІСЛЯ ПРОЦЕСУ  
ДОВЕДЕННЯ
64. І.Я. Стадник, Ю.Ю. Паньків 141  
РОЗРОБЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ЗМІШУВАЧА ДЛЯ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ  
ПЕРЕМІШУВАННЯ КОМПОНЕНТІВ
65. Б.Р. Парастюк 143  
РОЗРАХУНОК КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ПАЗОВОЇ  
ПЕРЕМІЧКИ ДЛЯ НАВИВАННЯ НЕПЕРЕРВНО-СЕКЦІЙНОЇ  
ГВИНТОВОЇ ЗАГОТОВКИ
66. В.А. Пелих 145  
АНАЛІЗ ТЕПЛОІЗОЛЮЮЧИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ «ПРОЕКТ 5-  
ПОВЕРХОВОГО ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ В ТЕРНОПОЛІ З  
ДОСЛІДЖЕННЯМ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ»

67. І.Р. Петречко 146  
ДО ПИТАННЯ ПРО ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТНИХ ПЛОЩИН І  
ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТОКАРНИХ РІЗЦІВ НА ОСНОВІ  
ПОЛОЖЕНЬ НАРИСНОЇ ТА АНАЛІТИЧНОЇ ГЕОМЕТРІЇ
68. М.І. Пилипець, В.І. Гелетюк 148  
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПЛОСКОГО ШЛІФУВАННЯ
69. І.І. Піцур, В.О. Зубрицький 149  
ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК  
ІНСТРУМЕНТУ ПРИ ОБРОБЦІ МАЛОЖОРСТКИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ  
ДЕТАЛЕЙ
70. Б.О. Похила 150  
ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИЙ КОМПЛЕКС СИСТЕМИ  
МОНІТОРИНГУ ТЕМПЕРАТУРИ З ІНДИКАТОРОМ ПЕРЕВИЩЕННЯ  
РІВНЯ
71. В.О. Дзюра, А.Й. Матвіїшин, О.Ю. Радзіховський 151  
ІНСТРУМЕНТ ДЛЯ ВІБРАЦІЙНОГО ОБКОЧУВАННЯ ВНУТРІШНІХ  
ЦИЛІНДРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ І МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ЙОГО  
КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ
72. О.Р. Рогатинська, Т.М. Пелешок, Ю.С. Никеруй, М.В. Грубенюк 153  
МОДЕЛЬ ПОШАРОВОГО РУХУ ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ  
НАСИПНОГО ВАНТАЖУ ГВИНТОВИМ КОНВЕЄРОМ
73. Д.Л. Радик, Б.Р. Парастюк 155  
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СПАДКОВОСТІ В  
ПРОЦЕСАХ ДЕФОРМУВАННЯ ЛИСТОВИХ ЗАГОТОВОК
74. Д.Л. Радик, С.Я. Носевич, Ю.Я. Носевич, Л.М. Романовська 157  
ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ  
ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ ОБРОБЛЕННЯ ПРЯМОЛІНІЙНИХ ПІВКРУГЛИХ  
ШЛІЦЬОВИХ КАНАВОК
75. В.Ю. Рибак 159  
ДОСЛІДЖЕННЯ ДАХОВОГО ПОКРИТТЯ З ВИКОРИСТАННЯМ  
ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ПК ЛІРА
76. В.А. Савич, В.П. Олексюк 160  
ПОШУК ОПТИМАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ МАШИН ДЛЯ  
РОЗМОТУВАННЯ РУЛОНІВ СІНА
77. Л.М. Слободян 160  
КЛАСИФІКАЦІЯ ГВИНТОВИХ ЗАВАНТАЖУВАЧІВ ТРАНСПОРТНИХ  
ЗАСОБІВ
78. Н.А. Смеречинський, А.Д. Довбуш 161  
ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ КОРМОЗМІШУВАЧА

79. І.І. Смолюх, В.В. Батюк, П.М. Камуля, М.І. Яворська 163  
ВІДПРАЦЮВАННЯ АЛГОРИТМУ ПЕРЕСУВАННЯ МОБІЛЬНОГО  
РОБОТА З ОБГИНАННЯМ ПЕРЕШКОД
80. В.В. Вольський, О.Р. Стрілець, В. М. Стрілець 164  
ГНУЧКИЙ РОБОЧИЙ ОРГАН ГВИНТОВОГО ТРАНСПОРТЕРА
81. О.Р. Стрілець 167  
ДИНАМІЧНА МОДЕЛЬ КЕРУВАННЯ ШВИДКІСТЮ У ПРИСТРОЇ З  
ЗУБЧАСТИМ ДИФЕРЕНЦІАЛОМ І ЗАМКНОТОЮ ГІДРОСИСТЕМОЮ  
ЧЕРЕЗ СОНЯЧНЕ ЗУБЧАСТЕ КОЛЕСО
82. Б.М. Цебенко, Н.І. Хомик 169  
РОЗРАХУНОК СТІЙКОСТІ НАВАНТАЖУВАЧА ПЕ-0,8Б
83. Ю.Б. Целик, В.Т. Лебідь 171  
АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ КОНТРОЛЮ І ВИМІРУ  
ПОСАДКОВОГО ДІАМЕТРА ВІНЦЯ СКЛАДЕНОГО ЗУБЧАСТОГО  
КОЛЕСА ПРИ НАГРІВАННІ ДЕТАЛІ ПІД ЗБІРКУ.
84. М.І. Цепенюк, канд. техн. наук, доц., Д. В.Кавунова 173  
МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ МЕХАНІЗМУ СИНХРОННОГО  
ОБЕРТАННЯ ІЗ ЗРІВНОВАЖУВАЛЬНИМ ЕЛЕКТРИЧНИМ ВАЛОМ З  
ВРАХУВАННЯМ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ У АСИНХРОННИХ  
ДВИГУНАХ, ТРАНСФОРМАТОРІ І МЕХАНІЧНІЙ ПІДСИСТЕМІ
85. А. М. Швець, І. Г. Ткаченко, В.О. Дзюра 174  
ІНСТРУМЕНТ ДЛЯ ОБКАТУВАННЯ ЗОВНІШНІХ ЦИЛІНДРИЧНИХ  
ПОВЕРХОНЬ КУЛЬКАМИ
86. О.П. Шостачук 176  
ВПЛИВ НАЛАШТУВАНЬ ДРУКАРСЬКОГО АПАРАТУ  
ФЛЕКСОГРАФІЧНОЇ ДРУКАРСЬКОЇ МАШИНИ НА ЯКІСТЬ  
ДРУКОВАНОЇ ПРОДУКЦІЇ
87. І.П. Щадило 178  
ВПЛИВ ПРОЦЕНТА АРМУВАННЯ ТА КЛАСУ БЕТОНУ НА  
МІЦНІСТЬ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ
88. В.А. Мажара, К.К. Щербина, Я.І. Стаднік 180  
ДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ КУЛЬКОВО-КЛИНОВОЇ ХОНІНГУВАЛЬНОЇ  
ГОЛОВКИ
89. Т.М. Щур, А.О. Дудко 182  
СИНТЕЗ РІЖУЧИХ ПЛАСТИН КІНЦЕВИХ ФРЕЗ ТА ВІДРІЗНИХ  
РІЗЦІВ
90. Т.В. Сокульський, А.В. Грабар 183  
ДИНАМІЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ РОЗТОЧУВАННЯ ПРУЖНИХ  
ШАЙБ ВЕЛИКИХ ДІАМЕТРІВ
91. В. Воліховський 185  
ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО  
КЕРУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЮ ТЕХНІКОЮ

92. Д. Грушко, М.Я. Сташків 186  
ОБҐРУНТУВАННЯ КІНЕМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РОТАЦІЙНИХ  
ГРАБЛІВ
93. Д. Кремінський, М.Я. Сташків 187  
РОЗРАХУНОК РАМИ КОМБАЙНА БУРЯКОЗБИРАЛЬНОГО КБС-6  
«ЗБРУЧ»

**Секція: СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ НА ТРАНСПОРТІ**

**Голови:** д.т.н., проф. Ляшук О.Л., д.т.н., проф. Попович П.В.

**Вчений секретар:** Босюк П.В.

(ауд. 4-402, корпус №4, вул. Руська, 56)

1. М.В. Бабій, Р.Р. Ошуст 189  
АНАЛІЗ НОВИНОК СПЕЦТЕХНІКИ ДЛЯ АВТОМОБІЛЬНИХ  
ПЕРЕВЕЗЕНЬ
2. П.В. Босюк, А.Р. Май, А.В. Кузів 190  
ОЦІННІ ПОКАЗНИКИ І НОРМАТИВНІ ВИМОГИ ГАЛЬМІВНИХ  
ВЛАСТИВОСТЕЙ АВТОМОБІЛЯ
3. П.В. Босюк, Б.Т. Бартош 191  
МОДЕЛЬ НАДІЙНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ  
ВИГОТОВЛЕННЯ Й СКЛАДАННЯ ПРИЧЕПІВ
4. Н.І. Борисюк, Я.В. Литвиненко 192  
ЗАСТОСУВАННЯ ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ В ЛОГІСТИЦІ
5. Х.С. Будна, В.О. Дзюра, Н.Б. Гаврон 193  
РОЗВИТОК АВТОТРАНСПОРТУ НА ОСНОВІ ВПРОВАДЖЕННЯ  
АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ПАЛИВА
6. Ю.Я. Вовк, І.П. Вовк, В.А. Крайничин 195  
СТРАТЕГІЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ
7. О.Р. Кебелюк С.М. Каськів 196  
СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ
8. І.Р. Когут, Р.В.Присяжнюк 197  
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗНОШУВАННЯ ШИН
9. М.Г. Левкович, О.І. Зазуля, Т.І. Кровіцький 198  
ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ДВИГУНОМ
10. М.Г. Левкович, Ю.П. Ковальчук 200  
ВПЛИВ ПОКАЗНИКІВ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ  
СТРУКТУРИ АТП НА ЯКІСТЬ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПАСАЖИРІВ
11. Р.А. Хабутдінов, Т.О. Костюк 202  
ІМІТАЦІЙНО-ТЕСТОВИЙ МЕТОД АНАЛІЗУ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ  
ЕФЕКТИВНОСТІ ВАНТАЖНИХ МІЖНАРОДНИХ АВТОПОЇЗДІВ ДЛЯ  
ІННОВАЦІЙНИХ ПРОЕКТІВ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

12. Н.Б. Лопух, Ю.В. Бойчук 203  
ОПТИМАЛЬНЕ УПРАВЛІННЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯМИ
13. Р.Р. Заверуха, Т.Б. Пиндус, Н.В. Михайлишин, А.П. Підперигора, 204  
Т.І. Потішний  
ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОТЕНЦІОМЕТРА ТА  
ДАТЧИКА ТИСКУ КОМПЛЕКСНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ДВЗ  
АВТОМОБІЛЯ ВАЗ-2111
14. А.Б. Підбережник 206  
ПРИЧИНИ ПАДІННЯ ОБ'ЄМІВ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В  
УКРАЇНІ
15. Д.С. Поліщук, В.О. Ліщук, О.А. Левківський, О.П. Кравченко 208  
ПРОГНОЗУВАННЯ ПОТРЕБИ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН ЗА  
ДОПОМОГОЮ СТАТИСТИЧНИХ ДАНИХ
16. С.В. Притолок, П.П. Парій 210  
ДОСЛІДЖЕННЯ ПАСАЖИРОПОТОКІВ НА ОСНОВІ ТАБЛИЧНОГО  
МЕТОДУ
17. В.В. Савчук, М.М. Денисова 211  
ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ ПЕРЕРОБКИ ШИН ВАНТАЖНИХ  
АВТОМОБІЛІВ
18. Ю.І. Пиндус, Р.Р. Заверуха, В.С. Фарйон, В.О.Цокало 213  
ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ГРМ ПО ОСЦИЛОГРАМАХ РОЗРІДЖЕННЯ  
У ВПУСКНОМУ КОЛЕКТОРІ ДВЗ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ
19. Г.Б. Цьонь 215  
ПРОГРАМА ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ  
ГИЧКОЗБИРАЛЬНОГО МОДУЛЯ
20. Т.В. Чорний, А.В. Грабар 216  
ПРОГРАМНІ КОМПЛЕКСИ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕЧІЇ ПАЛИВА В  
ПРОТОЧНІЙ ЧАСТИНІ РОЗПИЛЮВАЧА ФОРСУНКИ
21. Г.Г. Якобчук 217  
ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ В  
ЛОГІСТИЦІ









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