

Міністерство освіти і науки України
Прикарпатський національний університет ім. В. Стефаника
Вінницький національний технічний університет
Центр математичного моделювання ІППММ
ім. Я.С.Підстригача НАН України
AGH науково-технологічний університет
ім. Ст.Сташіца, Польща
Представництво "Польська академія наук" в Києві
Лудзький університет, Польща
Інститут кібернетики НАН України
Національний авіаційний університет
Фінансово-економічний інститут Таджикистану
Економічна академія "Д.А.Ценов", Болгарія
Харківський національний університет радіоелектроніки
НДІ інтелектуальних комп'ютерних систем ТНЕУ та ІК НАН України
Новий університет Лісабона, Португалія
Азербайджанська державна нафтова академія
Об'єднаний інститут проблем інформатики НАН Білорусі
Інститут інженерів з електротехніки
та електроніки (ІЕЕЕ), Українська секція
Асоціація "Інформаційні технології України"
Громадська організація "Івано-Франківський ІТ кластер"

"ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ"

**матеріали
міжнародної науково-практичної конференції**

**15-16 грудня 2022 року
Івано-Франківськ**

**"INFORMATION TECHNOLOGIES AND COMPUTER MODELLING"
proceedings
of the International Scientific Conference
2022, December, 15th to 16th
Ivano-Frankivsk**

Івано-Франківськ - 2022

УДК (004:004.2/004.9+007):33/37+51+621
ББК 22.17 32.81
I-74 Т

Науковий редактор: докт. техн. наук, проф. **Л.Б. Петришин** (ПНУ, АГН)

Матеріали статей опубліковані в авторській редакції

"Інформаційні технології та комп'ютерне моделювання"; матеріали статей Міжнародної науково-практичної конференції, м. Івано-Франківськ, 15-16 грудня 2022 року. – Івано-Франківськ: п. Голіней О.М., 2022. –с.

Збірка містить матеріали статей Міжнародної науково-практичної конференції з проблем інформаційних технологій в технічних системах, в соціумі, освіті, медицині, економіці та екології; теорії інформації, кодування та перетворення форми інформації; технологій цифрової обробки інформації; захисту інформації в інформаційно-телекомунікаційних системах; математичного та імітаційного моделювання систем.

УДК (004:004.2/004.9+007):33/37+51+621
ББК 22.17 32.81
I-74 Т

ISBN 978-617-8128-13-5

© ПНУ ім. В. Стефаніка та автори, 2022

Основні напрямки роботи

Секція 1 Інформаційні технології в технічних, системах спеціального призначення, соціумі, освіті, медицині, економіці, управлінні, екології та юриспруденції

Секція 2 Теорія інформації, кодування, перетворення форми, цифрової обробки та ущільнення інформації

Секція 3 Системний аналіз

Секція 4 Глибинний аналіз та організація даних, Big Data, системи штучного інтелекту, Smart додатки

Секція 5 Кібербезпека

Секція 6 Архітектоніка та компоненти комп'ютерних систем та мереж

Секція 7 Математичне та комп'ютерне моделювання складних систем

Секція 8 Прикладні методи дослідження дискретно-неперервних математичних моделей

Section Structure

Section 1. Information technologies in technical and special purpose systems, information technologies in society, education, medicine, economics, management, ecology and law

Section 2. Information theory, coding and information form transformation

Section 3. System analysis

Section 4. Deep analysis and data organization, big data technologies, artificial intelligence systems, smart applications

Section 5. Information protection in information and telecommunication system

Section 6. Components, computer systems and networks architectonics

Section 7. Mathematical and computer modelling of complex systems

Section 8. Applied methods for continuous and discrete mathematical models research

Моделювання поперечних коливань пилкового вала

Л.Ф. Дзюба

кафедра прикладної математики і механіки
ЛДУ безпеки життєдіяльності
Львів, Україна
lidadz111@gmail.com

О.Ю. Чмир

кафедра прикладної математики і механіки
ЛДУ безпеки життєдіяльності
Львів, Україна
o_chmyr@yahoo.com

О.В. Меньшикова

навчально науковий інститут цивільного захисту
ЛДУ безпеки життєдіяльності
Львів, Україна
helga.menshikowa@gmail.com

Modeling of transverse oscillations of the saw shaft

L.F. Dziuba

Department of Applied Mathematics and Mechanics
Lviv State University of life safety
Lviv, Ukraine
lidadz111@gmail.com

O.Yu. Chmyr

Department of Applied Mathematics and Mechanics
Lviv State University of life safety
Lviv, Ukraine
o_chmyr@yahoo.com

O.V. Menshykova

Educational and Scientific Institute of Civil Protection
Lviv State University of life safety
Lviv, Ukraine
helga.menshikowa@gmail.com

Анотація – У роботі запропоновано динамічну модель пилкового вала круглопилкового верстата. Динамічна модель містить розрахункову схему вала та диференціальне рівняння четвертого порядку в частинних похідних для дослідження поперечних коливань. Для такої розрахункової схеми пилкового вала записано відповідні крайові умови. У крайових умовах враховано розміщення на вільному кінці другої ділянки вала круглої пилки. Розв'язок диференціального рівняння виконано методом розділення змінних. Отримано трансцендентне частотне рівняння. З розв'язування рівняння частот визначено частотні коефіцієнти поперечних коливань пилкового вала з урахуванням його конструкційних параметрів. Досліджено вплив довжин ділянок вала на величину частотних коефіцієнтів.

Abstract – The paper proposes a dynamic model of the saw shaft of a circular saw machine. The dynamic model contains the

calculation scheme of the shaft and the fourth-order partial differential equation for the study of transverse vibrations. For such a calculation scheme of the saw shaft, the corresponding boundary conditions are recorded. In the boundary conditions, placement at the free end of the second section of the circular saw shaft is taken into account. The differential equation was solved by the method of separation of variables. The transcendental frequency equation is obtained. From the solution of the frequency equation, the frequency coefficients of the transverse oscillations of the saw shaft are determined, taking into account its design parameters. The influence of the lengths of the shaft sections on the magnitude of the frequency coefficients was studied.

Ключові слова: пилковий вал, рівняння частот, частота власних коливань, частотні коефіцієнти, кругла пилка.

Keywords: saw shaft, frequency equation, own oscillation frequency, frequency coefficients, circular saw.

I. ВСТУП

За високих швидкостей різання та подавання пилковий вал деревообробного верстата з розміщеною на ньому круглою пилкою значного діаметра та маси зазнає зовнішнього збурення навіть від незначного ексцентриситету в підшипникових опорах, від динамічної неврівноваженості круглої пилки тощо. Дія зовнішніх чинників на пилковий вал викликає його поперечні коливання. Змінні навантаження, що виникають унаслідок коливань, знижують довговічність опор вала та впливають на точність різання деревини, збільшуючи ширину пропилу. Тому дослідження поперечних коливань пилкового вала є актуальним завданням.

Для виконання такого дослідження побудовано динамічну модель пилкового вала, яка містить розрахункову схему та диференціальне рівняння поперечних коливань з долученими крайовими умовами. Розрахункову схему пилкового вала (рис. 1) подано у вигляді двоопорного стержня 1 з діаметром d та осьовим моментом інерції I_z , на консольному кінці якого розміщено круглу пилку 2 з масою M та осьовим моментом інерції I . Довжину першої ділянки пилкового вала між його шарнірними опорами позначено l_1 , довжину другої ділянки від опори до місця розміщення пилки позначено l_2 .

II. ОСНОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ, ФОРМУЛЮВАННЯ ЗАДАЧІ, ПОБУДОВА РОЗВ'ЯЗКУ

Диференціальне рівняння поперечних коливань стержня відповідно до розрахункової схеми має вигляд [1]:

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} \left(EI_z \frac{\partial^2 w(x,t)}{\partial x^2} \right) + \rho A \frac{\partial^2 w(x,t)}{\partial t^2} = 0, \quad (1)$$

де $w = w(x,t)$ – поперечні переміщення точок осі стержня; E – модуль пружності першого роду матеріалу стержня; I_z – осьовий момент інерції перерізу круглого стержня; ρ – густина матеріалу стержня; A – площа поперечного перерізу стержня.

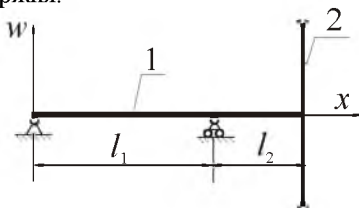


Рис. 1. Розрахункова схема пилкового вала.

Зважаючи на дві ділянки стержня, розв'язок диференціального рівняння (1) відповідно до методу розділення змінних подано у вигляді [1]:

$w_k(x,t) = \sum_{i=1}^n W_{k,i}(x) \cos \omega_i t$, $k=1,2$, де $W_{k,i}(x)$ – амплітудні функції, які характеризують відхилення точок першої ($k=1$) та другої ($k=2$) ділянок стержня від положення рівноваги на i -ій резонансній частоті ω_i .

Розв'язками рівняння (1) є функції форм коливань

$$W_{k,i}(x) = C_{k,1} \sin(\beta_i x) + C_{k,2} \cos(\beta_i x) + C_{k,3} \operatorname{sh}(\beta_i x) + C_{k,4} \operatorname{ch}(\beta_i x), \quad (2)$$

де β_i – частотний коефіцієнт, $\beta_i^4 = \omega_i^2 \frac{\rho A}{EI_z}$, ($i = \overline{1,n}$), $C_{k,j}$ – постійні інтегрування ($k = \overline{1,2}$, $j = \overline{1,4}$).

Відповідно до прийнятої розрахункової схеми (рис. 1), де відстань між опорами дорівнює l_1 , у крайових умовах, що відповідають шарнірному обпиранню вала з консольною ділянкою, ураховано розміщення на консольній ділянці ($x = l_1 + l_2$) круглої пилки з масою M та моментом інерції маси I відносно осі, що проходить через її центр та є перпендикулярною до площини диску пилки:

$$\begin{aligned} w_1(x,t)|_{x=0} = 0; \quad EI_z \frac{\partial^2 w_1(x,t)}{\partial x^2} \Big|_{x=0} = 0; \quad w_1(x,t)|_{x=l_1} = 0; \\ \frac{\partial w_1(x,t)}{\partial x} \Big|_{x=l_1} = \frac{\partial w_2(x,t)}{\partial x} \Big|_{x=l_1}; \\ EI_z \frac{\partial^2 w_1(x,t)}{\partial x^2} \Big|_{x=l_1} = EI_z \frac{\partial^2 w_2(x,t)}{\partial x^2} \Big|_{x=l_1}; \\ EI_z \frac{\partial^3 w_1(x,t)}{\partial x^3} \Big|_{x=l_1} = EI_z \frac{\partial^3 w_2(x,t)}{\partial x^3} \Big|_{x=l_1} - \frac{Mg(l_1 + l_2)}{l_1}; \\ EI_z \frac{\partial^2 w_2(x,t)}{\partial x^2} \Big|_{x=l_1+l_2} = -I \frac{\partial^3 w_2(x,t)}{\partial x \partial t^2} \Big|_{x=l_1+l_2}; \\ \frac{\partial}{\partial x} \left(EI_z \frac{\partial^2 w_2(x,t)}{\partial x^2} \right) \Big|_{x=l_1+l_2} = -M \frac{\partial^2 w_2(x,t)}{\partial t^2} \Big|_{x=l_1+l_2} \end{aligned} \quad (3)$$

Після урахування крайових умов (3) в (2) отримано: $C_{1,2} = C_{1,4} = 0$ та систему лінійних рівнянь відносно невідомих $C_{1,1}$, $C_{1,3}$, $C_{2,1}$, $C_{2,2}$, $C_{2,3}$, $C_{2,4}$. З рівності нулю визначника цієї системи побудовано трансцендентне рівняння частот

$$D_1(\beta)\beta^4 + D_2(\beta)\beta^3 + D_3(\beta)\beta + D_4(\beta) = 0, \quad (4)$$

де $D_i(\beta)$ – вирази, що залежать від β , $i = \overline{1,4}$.

З розв'язування рівняння (4) визначено перші два частотні коефіцієнти поперечних коливань пилкового вала за різної довжини його ділянок. Один з розв'язків показано на рис. 2 за таких геометричних та фізико-механічних параметрів: діаметр пилкового вала – $d = 60$ мм; маса та момент інерції пилкового диска $M = 24$ кг, $I = 2,98$ кг·м²; діаметр пилкового диска $D = 1,3$ м; модуль пружності першого роду та густина матеріалу вала (сталь) – $E = 2,1 \cdot 10^{11}$ Па, $\rho = 7850 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

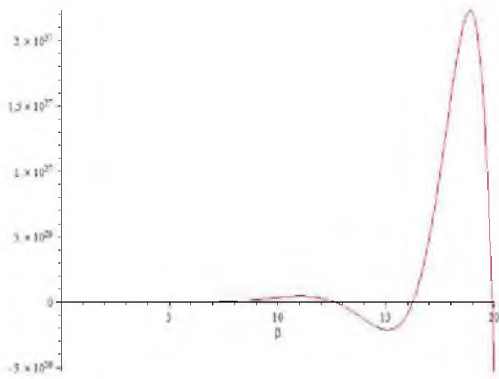


Рис. 2. Розв'язок трансцендентного рівняння частот.

ВИСНОВКИ

Розроблено динамічну модель поперечних коливань пилкового вала з урахуванням його розміщення на двох опорах і круглої пилки на консольному кінці вала; визначено величини частотних коефіцієнтів з урахуванням довжин ділянок вала та маси й моменту інерції круглої пилки; досліджено залежність частотних коефіцієнтів при поперечних коливаннях пилкового вала від довжин його ділянок.

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

- [1] Chelomey, V. N. (Ed.) (1978). *Vibrations in Engineering: Handbook*. (Vols. 1-6). Bolotin, V. V. (Ed.) Vol. 1. Oscillations of linear systems. Moscow: Mashinostroyeniye [in Russian].
- [2] Дзюба Л. Ф., Чмир О. Ю., Меньшикова О. В., Ліщинська Х. І. Моделювання поперечних коливань механізму різання круглопилкового верстата. *Науковий вісник НЛТУ України*, 2022, Т. 32, №4. – С. 55 - 59. <https://doi.org/10.36930/40320409>

ОКСАНА КОНЧАКОВСЬКА

МЕТОД R-ФУНКЦІЙ ТА НЕЛІНІЙНИЙ МЕТОД ГАЛЬОРКІНА У ЗАДАЧАХ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ НЕСТАЦІОНАРНИХ ТЕЧІЙ В'ЯЗКОЇ ТЕПЛОПРОВІДНОЇ РІДИНИ	168
ЄВГЕН КУРЛОВ_НІКІТА ЗДОРИК_МАКСИМ СИДОРОВ	
ВИКОРИСТАННЯ ЗОНУВАННЯ В СИСТЕМАХ ВОДОПОСТАЧАННЯ.....	172
ОЛЬГА МАТВІЄНКО_НАТАЛІЯ МАНЧИНСЬКА	
ONE MODEL OF GROWING RANDOM FOREST.....	175
ANDREY A. DOROGOVTSSEV_ІRYNA NISHCHENKO, DARIA KALYTIUK	
МЕТОД БЕЗПЕЧНОГО ПРИЗЕМЛЕННЯ АВАРІЙНОГО БЕЗПІЛОТНОГО КВАДРОКОПТЕРА	176
БОГДАН БЛАГІТКО_ІГОР ЗАЯЧУК	
МОДЕЛЮВАННЯ МАСОПЕРЕНОСУ В ПОРИСТИХ СТРУКТУРАХ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ФОРМИ СКИНЧЕНОЇ ВИСОТИ	178
ЯРОСЛАВ П'ЯНИЛО_ГАННА ЛЯНЦЕ_АДРІАН ТОРСЬКИЙ_ГАЛИНА П'ЯНИЛО	
МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ МАСОПЕРЕНОСУ В СКЛАДНИХ ПОРИСТИХ СТРУКТУРАХ.....	182
ЯРОСЛАВ П'ЯНИЛО_ГАЛИНА П'ЯНИЛО	
ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ДВОБІЧНИХ НАБЛИЖЕНЬ ДО АНАЛІЗУ РІВНОВАГИ БАЛКИ ПІД ДІЄЮ НЕЛІНІЙНОЇ ЗОВНІШНЬОЇ СИЛИ	186
АНТОН САВЧЕНКО_МАКСИМ СИДОРОВ	
МОДЕЛЮВАННЯ ХВИЛЬОВИХ ПРОЦЕСІВ У НЕОДНОРІДНИХ ПЕРІОДИЧНИХ СЕРЕДОВИЩАХ	190
ГЕННАДІЙ САНДРАКОВ	
ДОСЛІДЖЕННЯ ПОШИРЕННЯ МЕХАНОЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ХВИЛЬ У ПОРИСТИХ ТІЛ ПІД ДІЄЮ ЗОВНІШНЬОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ДРОБОВИХ ПОХІДНИХ ЗА ЧАСОМ.....	194
П'ЯНИЛО ЯРОСЛАВ_ТВАРДОВСЬКА СОФІЯ	
МОДЕЛЮВАННЯ ПОПЕРЕЧНИХ КОЛИВАНЬ ПИЛКОВОГО ВАЛА	198
Л.Ф. ДЗЮБА_О.Ю. ЧМИР_О.В. МЕНЬШИКОВА	
МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ДИФУЗІЇ ЗА КАСКАДНОГО РОЗПАДУ РЕЧОВИНИ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ ЩОДО КОНЦЕНТРАЦІЇ НА ГРАНИЦІ ШАРУ.....	201
ОЛЬГА ЧЕРНУХА_ЮРІЙ БІЛУЩАК_АНАСТАСІЯ ЧУЧВАРА	
ЗАСТОСУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З ВІДКРИТИМ КОДОМ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ РОЗГОРТАННЯ КОСМІЧНОЇ АНТЕНИ	206
ВЛАДИСЛАВ ШАМАХАНОВ_СЕРГІЙ МАРТИНЮК_СЕРГІЙ ХОРОШИЛОВ_ОЛЕКСАНДР СУШКО	
ЗАГАЛЬНА КРАЙОВА ЗАДАЧА ДЛЯ РІВНЯННЯ ПОПЕРЕЧНИХ КОЛИВАНЬ СТРИЖНЯ.....	214
Р.М. ТАЦІЙ_О.О. КАРАБІН_О.Ю. ЧМИР_М.І. КУСІЙ	
АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ВИСОКОПРОДУКТИВНИХ РЕАЛІЗАЦІЙ ДИСКРЕТНОГО ВЕЙВЛЕТ-ПЕРЕТВОРЕННЯ ДОБЕШІ ДЛЯ ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ ОДНОВИМІРНИХ СИГНАЛІВ.....	214
АРТЕМ ІЗМАЙЛОВ	
ДЛЯ НОТАТОК.....	223
ДЛЯ НОТАТОК.....	224