

УДК 621.923

## Дослідження процесу коливання пружного волокна при його обертанні

Юрій Абрашкевич<sup>1</sup>, Григорій Мачишин<sup>2</sup>, Олександр Марченко<sup>3</sup>, Тетяна Щербина<sup>4</sup>

Київський національний університет будівництва і архітектури  
Повітрофлотський просп. 31, Київ, Україна, 03680,

<sup>1</sup>abrashkevych.iud@knuba.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0001-8396-7812>

<sup>2</sup>machyshyn.gm@knuba.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0002-8230-0060>

<sup>3</sup>marchenko.oo@knuba.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0003-2136-6071>

<sup>4</sup>scherbyna.tf@knuba.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0002-4268-5963>

Received: 18.04.2019; Accepted: 20.05.2019  
<https://doi.org/10.32347/gbdmm2019.93.0101>

**Анотація.** З кожним роком гнучкий абразивомісний інструмент знаходить все більше застосування при виконанні операцій з очищення металевих і неметалевих поверхонь від лакофарбових покриттів, іржі та різного роду забруднень.

Метою даної роботи є дослідження процесу коливання пружного волокна при його стаціонарному обертанні, що дозволить визначати ресурс полімерно-абразивної щітки.

Використовуючи теоретичний метод виконувалися наступні дослідження: користуючись принципом Д'Аламбера досліджувалась рівновага елемента волокна; визначалися складові інтенсивності повного інерційного навантаження, яке діє на елемент стрижня при його обертанні; описано відносні взаємозв'язані згинні повздовжні коливання консольного стрижня ротора при його стаціонарному обертанні.

Результати виконаної роботи дозволяють продовжити дослідження коливання полімерно-абразивного волокна при горизонтальному розташуванні диску щітки. Що дозволить визначати ресурс робочого органу.

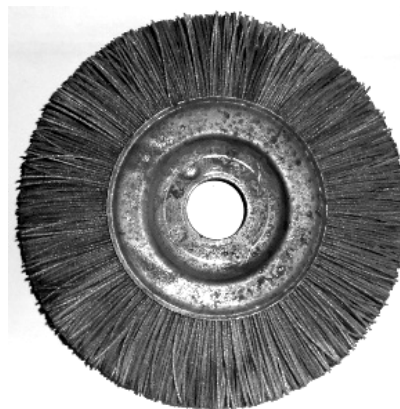
Рівномірний розподіл абразивних зерен однієї маси та крупності по всій довжині та в перерізі волокон дозволяє зменшити частоти згинальних коливань. Це призводить до збільшення робочого ресурсу щітки, оскільки зменшуються напруження від втоми.

Результати роботи можна використовувати для дослідження ресурсу гнучких абразивних робочих органів, які в даний час набувають значного поширення.

**Ключові слова:** Полімер-абразивна щітка, еластичне волокно, обертання, абразив, вібрації волокна.

### ВСТУП

Полімерно-абразивні щітки (ПАЩ) та абразивні армовані круги застосовуються для очищення металевих і неметалевих поверхонь від лакофарбових покриттів, іржі та забруднень при виконанні будівельно-монтажних робіт (Рис. 1) [1-8]. ПАЩ застосовують при зачищенні друкованих плат в приладобудуванні, деталей будівельних і гірничих машин при діагностиці, в автосервісі та інших галузях. Це пояснюється їх універсальністю, здатністю обробляти складні по профілю геометричні поверхні, високою експлуатаційною стійкістю. ПАЩ безпечні в роботі, а для їх приводу використовуються малопотужні ручні машини, що мають невелику масу або переносні машини з щітковим робочим органом.



**Рис. 1.** Полімерно-абразивна щітка

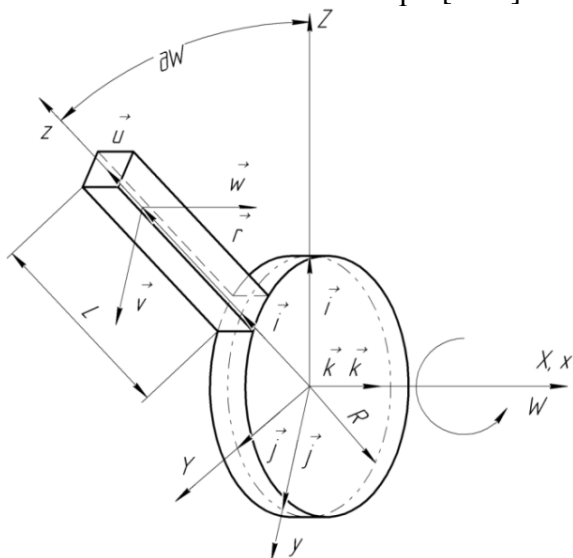
**Fig. 1.** Polymer-abrasive brush

## МЕТА РОБОТИ

У процесі подальшого вдосконалення, як самого інструменту, так і визначення оптимальних параметрів його експлуатації при різних конкретних умовах, ставилися та вирішувалися різні технологічні, конструктивні та інші завдання. Метою та завданням даної роботи є дослідження процесу коливання пружного волокна при його стаціонарному обертанні.

## ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Розглянемо ротор (диск щітки), який складається з диска й жорстко приєднаних до нього радіально-спрямованих волокон (Рис. 2). Волокна представляють собою прямі не скручені стрижні з постійним по довжині розподілом маси жорсткості. Ротор обертається з постійною кутовою швидкістю  $\omega$  навколо своєї вісі симетрії [9-11].



**Рис. 2.** Розрахункова схема механічної полімерно-абразивної щітки

**Fig. 2.** Calculation scheme of mechanical polymer-abrasive brush

Введемо наступні праві прямокутні системи координат:

$OXYZ$  – інерційна система координат з початком у центрі ротора;

$Oxuz$  – система координат, жорстко зв'язана з ротором. Осі  $OX$  й  $Ox$  сумісні з

віссю власного обертання ротору. Виділимо для розгляду одну зі складових системи – конкретне волокно, систему координат  $Oxuz$  замінюємо так, щоб її вісь  $Oz$  співпадала з повздожньою віссю стрижня. Система координат  $OXYZ$  розміщена так, щоб вісь власного обертання здійснювала обертання у площині  $Oxz$  (рис.2). Центри мас та інерції поперечних перерізів волокна лежать на вісі  $Oz$ . Поперечні перерізи волокна симетричні відносно осей  $Oy$  й  $Ox$ .

Користуючись принципом Д'Аламбера, дослідимо рівновагу елемента волокна положення котрого у системі  $Oxuz$  визначається координатою  $z$ . Використаємо лінійну теорію прямолінійних стрижнів. Проектуючи на осі системи координат  $Oxuz$  діючі на елемент сили пружності та інерційні сили, отримаємо рівняння поздовжніх та змінних у двох площинах коливань волокна:

$$\begin{cases} E \times F \times \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} - \rho \times F \times a_z = 0, \\ -E \times I_x \times \frac{\partial^4 v}{\partial z^4} - \rho \times F \times a_y + \frac{\partial}{\partial z} \left[ \frac{\partial v}{\partial z} \times T(z) \right] = 0, \\ -E \times I_y \times \frac{\partial^4 w}{\partial z^4} - \rho \times F \times a_x + \frac{\partial}{\partial z} \left[ \frac{\partial w}{\partial z} \times T(z) \right] = 0, \end{cases} \quad (1)$$

де  $E$ ,  $\rho$  - відповідно модуль пружності й щільність (густина) матеріалу волокна;

$F$ ,  $I_x$ ,  $I_y$  – відповідно площа поперечного перерізу та його момент інерції відносно вісі  $Ox$  й  $Oy$ ;

$u$ ,  $v$ ,  $w$  – компоненти вектора переміщення елемента волокна вздовж осей  $Ox$ ,  $Oy$ ,  $Oz$ ;  $a_x$ ,  $a_y$ ,  $a_z$  – відповідні компоненти вектора абсолютного прискорення елемента.

Повздожня сила ( $T_z$ ), обумовлена власним обертанням ротора з кутовою швидкістю  $\omega$  й діє у поперечному перерізі волокна з координатою  $x$ , обчислюється за наступною формулою:

$$T(z) = \rho \int_{z-R}^L (R+s) \times F \times ds, \quad (2)$$

де  $R$  – радіус диска ротору;  $L$  – довжина волокна;  $s = (x-R)$  – позадвожня координата елемента волокна, яка обраховується від краю диска.

Вектор навантаження та обумовлене інерцією руху волокна інерційне навантаження, які діють на елемент волокна обчислюються за формулами:

$$\begin{aligned} q_x^{(I)} &= -\rho \times F \times a_x, \\ q_y^{(I)} &= -\rho \times F \times a_y, \\ q_z^{(I)} &= -\rho \times F \times a_z. \end{aligned} \quad (3)$$

Вектор абсолютного прискорення  $\vec{a}$ , з яким рухається елемент волокна при обертанні, визначається за теоремою Коріоліса:

$$\vec{a} = \vec{a}^e + \vec{a}^r + \vec{a}^c, \quad (4)$$

де як і вище,  $\vec{a}^e$ ,  $\vec{a}^r$ ,  $\vec{a}^c$  – вектори переносного, відносного та Коріолісового прискорення елемента відповідно.

Вектор переносного прискорення  $\vec{a}^e$  визначається за формулою:

$$\vec{a}^e = \left[ \vec{\lambda} \times \left[ \vec{\lambda} \times \vec{r} \right] \right], \quad (5)$$

де  $\vec{\lambda}$  – вектор абсолютної кутової швидкості рухомої системи координат  $Oxyz$ ;

$\vec{r}$  – радіус-вектор елемента волокна у системі координат  $Oxyz$ .

У базисі  $(\vec{i}_1, \vec{j}_1, \vec{k}_1)$  системи координат  $OXYZ$  вектори  $\vec{\lambda} = \vec{\omega}$  має вид (Рис. 2):

$$\vec{\lambda} = 0 \times \vec{i}_1 + 0 \times \vec{j}_1 + \omega \times \vec{k}_1. \quad (6)$$

Введемо фазову координату  $\tau = \omega \times t$  (див. Рис. 2) й визначимо радіус-вектор елемента стрижня у системі координат  $OXYZ$ :

$$\vec{r} = z \times \cos \tau \times \vec{i}_1 + z \times \sin \tau \times \vec{j}_1 + 0 \times \vec{k}_1. \quad (7)$$

Виконавши відповідні векторні операції, отримаємо проекції вектору переносного

прискорення  $\vec{a}^e$  на осі системи координат  $OXYZ$ :

$$\begin{aligned} a_x^e &= 0, \\ a_y^e &= -z \times \omega^2 \times \sin \tau, \\ a_z^e &= -z \times \cos \tau \times \omega^2. \end{aligned} \quad (8)$$

У рухомій системі координат  $Oxyz$  компонент вектора  $\vec{a}^e$  визначаємо наступним чином:

$$\begin{cases} a_x^e = a_x^e = 0, \\ a_y^e = -a_z^e \times \sin \tau + a_y^e \times \cos \tau = 0, \\ a_z^e = a_z^e \times \cos \tau + a_y^e \times \sin \tau = -z \times \omega^2. \end{cases} \quad (9)$$

Складові вектору відносного прискорення  $\vec{a}^r$  у напрямку осей системи координат  $Oxyz$ :

$$\begin{aligned} a_x^r &= \frac{\partial^2 w}{\partial t^2}, \\ a_y^r &= \frac{\partial^2 v}{\partial t^2}, \\ a_z^r &= \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}. \end{aligned} \quad (10)$$

Вектор прискорення Коріоліса  $\vec{a}^c$  елемента стрижня обчислюється за формулою:

$$\vec{a}^c = \left[ 2\vec{\lambda} \times \vec{V}^r \right], \quad (11)$$

де  $\vec{V}^r$  – вектор відносної швидкості елемента зі складовими:

$$\begin{aligned} V_x^r &= \frac{\partial w}{\partial t}, \\ V_y^r &= \frac{\partial v}{\partial t}, \\ V_z^r &= \frac{\partial u}{\partial t}. \end{aligned} \quad (12)$$

Вектор кутової швидкості рухомої системи координат  $Oxyz$  у базисі  $(\vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$  виражається формулою:

$$\vec{\lambda} = 0 \times \vec{i} + 0 \times \vec{j} + \omega \times \vec{k}. \quad (13)$$

Складаючи відповідні частини з виразів (9)–(11), отримуємо проекції вектору абсолютного прискорення  $\vec{a}$  елемента стрижня

на вісі системи координат  $Oxuz$ . Потім за формулами (3) визначаємо складові інтенсивності повного інерційного навантаження, діючого на елемент стрижня при його обертанні,

$$\begin{cases} q_x^{(I)} = -\rho \times F \times \left[ \frac{\partial^2 W}{\partial t^2} \right], \\ q_y^{(I)} = -\rho \times F \times \left[ \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} + 2\omega \times \frac{\partial u}{\partial t} \right], \\ q_z^{(I)} = -\rho \times F \times \left[ -z \times \omega^2 + \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - 2\omega \times \frac{\partial v}{\partial t} \right]. \end{cases} \quad (12)$$

Замінюючи у виразах (12) частинні похідні по часу  $t$  похідними по фазовій координаті  $\tau$  за допомогою співвідношень

$$\begin{cases} \frac{\partial}{\partial t} = \omega \times \frac{\partial}{\partial \tau}, \\ \frac{\partial^2}{\partial t^2} = \omega^2 \times \frac{\partial^2}{\partial \tau^2}. \end{cases} \quad (13)$$

й підставляючи (12) у (1), отримаємо систему диференціальних рівнянь частинних похідних, що описує відносні коливання стрижня ротору при обертанні,

$$\begin{cases} E \times F \times \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} - \rho \times F \times \left[ \omega^2 \times \frac{\partial^2 u}{\partial \tau^2} - 2 \times \omega^2 \times \frac{\partial v}{\partial \tau} \right] = \\ = -\rho \times F_z \times \omega^2, \\ E \times I_x \times \frac{\partial^4 v}{\partial z^4} + \rho \times F \times \left[ \omega^2 \times \frac{\partial^2 v}{\partial \tau^2} + 2 \times \omega^2 \times \frac{\partial u}{\partial \tau} \right] - \\ - \rho \times F \times \omega^2 \times \frac{[(R+L)^2 - z^2]}{2} \times \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} + \\ + \rho \times F \times \omega^2 \times z \times \frac{\partial v}{\partial z} = 0, \\ E \times I_y \times \frac{\partial^4 W}{\partial z^4} + \rho \times F \times \left[ \omega^2 \times \frac{\partial^2 W}{\partial \tau^2} \right] + \\ + \rho \times F \times \omega^2 \times (-1) \times \frac{[(R+L)^2 - z^2]}{2} \times \frac{\partial^2 W}{\partial z^2} + \\ + \rho \times F \times \omega^2 \times z \times \frac{\partial W}{\partial z} = 0. \end{cases} \quad (14)$$

Отже, коливання в площині обертання ( $\sim W(z, \tau)$ ) не пов'язані з коливаннями повздовжніх ( $\sim U(z, \tau)$ ) та згинальних ( $\sim V(z, \tau)$ ) коливань у площині обертання. (Останні зв'язані між собою). Усі коливання відбуваються з частотою  $\omega$ .

Отримані рівняння системи (14) для елемента стрижня доповнюємо граничними умовами: на краю диску ротора ( $z = R$ ) виконується умова жорсткого закріплення, на кінці стрижня ( $z = R + L$ ) – умови вільного краю (взаємодія з поверхнею, що обробляється, не враховується):

$$\begin{cases} U|_{z=R} = 0, v|_{z=R} = 0, W|_{z=R} = \\ = 0, \frac{\partial v}{\partial z}|_{z=R} = 0, \frac{\partial W}{\partial z}|_{z=R} = 0, \\ \frac{\partial U}{\partial z}|_{z=R+L} = 0, \frac{\partial^2 v}{\partial z^2}|_{z=R+L} = 0, \frac{\partial^2 W}{\partial z^2}|_{z=R+L} = \\ = 0, \frac{\partial^3 W}{\partial z^3}|_{z=R+L} = 0, \frac{\partial^3 v}{\partial z^3}|_{z=R+L} = 0. \end{cases} \quad (15)$$

Система диференціальних рівнянь разом з граничними умовами описує відносні взаємозв'язані згинальні повздовжні коливання консольного стрижня ротора при стаціонарному обертанні останнього.

З урахуванням виду системи (14), (15) розв'язок будемо шукати у наступній формі:

$$\begin{cases} U(z, \tau) = \sum_{m=0}^k U_m^c(z) \times \cos m\tau + \\ + \sum_{m=1}^k U_m^s(z) \times \sin m\tau, \\ V(z, \tau) = \sum_{m=0}^k V_m^c(z) \times \cos m\tau + \\ + \sum_{m=1}^k V_m^s(z) \times \sin m\tau, \\ W(z, \tau) = \sum_{m=0}^k W_m^c(z) \times \cos m\tau + \\ + \sum_{m=1}^k W_m^s(z) \times \sin m\tau. \end{cases} \quad (16)$$

Використовуючи у якості координатних функції  $\sin p\tau$ ,  $\cos p\tau$  ( $p = 0, 1, \dots, k$ ) за допомогою проєкційного методу з системи (14) після додаткових перетворень отримуємо систему звичайних диференціальних рівнянь з незалежною змінною  $z$ , яка наближено замінює вихідну. Як показують розрахунки на ЕОМ, в області розглянутих значень вихідних параметрів за умовами збіжності обчислень можна обмежитись числом  $k = 4$ . При цьому коефіцієнти  $U_1^c(z), U_3^c(z), V_1^s(z), V_3^s(z), W_2^s(z), W_4^s(z)$

виявились близькими до нуля. Включаючи їх отримуємо відповідну такій постановці систему звичайних диференціальних рівнянь, залежних від аргументу  $z$ , представлених системою (17).

Система (17) інтегрувалась чисельно за допомогою методу скінчених різниць (MATHCAD). При цьому для перевірки збіжності обчислень відрізок  $R \leq z \leq (R+L)$  розбивався на 50, 100 й 200 скінчено різницевих ділень. Як показали подальші розрахунки, максимальна розбіжність отриманих результатів у цих випадках не перевищувала 1%.

## ВИСНОВКИ

Використання абразивів однієї маси та крупності з рівномірним їх розподілом як по всій довжині так і в перерізі волокон дозволяє зменшити частоти згинальних коливань, що призводить до збільшення

$$\left\{ \begin{aligned} E \times \frac{d^2 U_0^c}{dz^2} &= -\rho \times \omega^2 \times z, E \times \frac{d^2 U_2^c}{dz^2} + \rho (4 \times \omega^2 \times U_2^c + 4 \times \omega^2 \times v_2^s) = 0, \\ E \times \frac{d^2 U_4^c}{dz^2} + \rho (16 \times \omega^2 \times U_4^c + 8 \times \omega^2 \times v_4^s) &= 0, \\ E \times I_x \times \frac{d^4 v_2^s}{dz^4} - \rho \times F \times (4 \times \omega^2 \times U_2^c + 4 \times \omega^2 \times v_2^s) - \rho \times F \times \omega^2 \times \\ &\times \left[ \frac{\{(R+L)^2 - z^2\}}{2} \times \frac{d^2 v_2^s}{dz^2} - z \times \frac{dv_2^s}{dz} \right] = 0, \\ E \times I_x \times \frac{d^4 v_4^s}{dz^4} + \rho \times F (8 \times \omega^2 \times U_4^c - 16 \times \omega^2 \times v_4^s) - \rho \times F \times \omega^2 \times \\ &\times \left[ \frac{\{(R+L)^2 - z^2\}}{2} \times \frac{d^2 v_4^s}{dz^2} - z \times \frac{dv_4^s}{dz} \right] = 0, \\ E \times I_y \times \frac{d^4 W_1^s}{dz^4} + \rho \times F \times (-\omega^2 \times W_1^s) - \rho \times F \times \omega^2 \times \\ &\times \left[ \frac{\{(R+L)^2 - z^2\}}{2} \times \frac{d^2 W_1^s}{dz^2} - z \times \frac{dW_1^s}{dz} \right] = 0, \\ E \times I_y \times \frac{d^4 W_3^s}{dz^4} + \rho \times F \times (-9 \times \omega^2 \times W_3^s) - \rho \times F \times \omega^2 \times \\ &\times \left[ \frac{\{(R+L)^2 - z^2\}}{2} \times \frac{d^2 W_3^s}{dz^2} - z \times \frac{dW_3^s}{dz} \right] = 0. \end{aligned} \right. \quad (17)$$

робочого ресурсу щітки за рахунок зменшення напружень від втоми.

## ЛІТЕРАТУРА

1. **Механізація трудомістких процесів** / Ю. Д. Абрашкевич, В. М. Смірнов, Л. Є. Пелевін, В. П. Рашківський. – Київ: КНУБА, 2006. – 180 с. – (КНУБА).
2. **Абрашкевич Ю. Д.** Вплив армування на безпеку експлуатації абразивних кругів / Ю. Д. Абрашкевич, Г. М. Мачишин, В. П. Тишковець. // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. – 2015. – № 85. – С. 54-59.
3. **Абрашкевич Ю. Д.** Эксплуатация абразивных армированных кругов / Ю. Д. Абрашкевич, Л. Е. Пелевин, Г. Н. Мачишин. // Монтажные и специальные работы в строительстве. Ежемесячный научно-технический и производственный журнал. – 2016. – № 4. – С. 30-32.
4. **Абрашкевич Ю. Д.** Підвищення ефективності машин з абразивним інструментом / Ю. Д. Абрашкевич, Г. М. Мачишин, О. В. Човнюк, Т. Ф. Щербина. // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. – 2016. – № 87. – С. 56-62.
5. **Абрашкевич Ю.** Вимоги до технології виготовлення, зберігання та безпечної експлуатації абразивних армованих кругів / Ю. Абрашкевич, Г. Мачишин, В. Тишковець. // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. – 2017. – № 89. – С. 48-55.
6. **Абрашкевич Ю. Д.** Влияние конструкции приводной машины на износостойкость абразивных армированных кругов / Абрашкевич Ю.Д., Пелевин Л.Е., Мачишин Г.Н. // Монтажные и специальные работы в строительстве. Ежемесячный научно-технический и производственный журнал. - № 4. - 2017. - С. 7-9.
7. **Основи теорії робочих процесів обробки будівельних матеріалів і конструкцій абразивним інструментом: монографія** / Ю. Д. Абрашкевич, Л. Є. Пелевін, А. В. Фомін, О. М. Гаркавенко. – К.: КНУБА, 2011. – 176 с.
8. **Абрашкевич Ю.Д.** Математична модель теплових процесів при роботі полімерно-абразивної щітки / Ю. Д. Абрашкевич, Г. М. Мачишин, О. В. Човнюк. // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. - Київ, 2014 - № 83 - С. 91-96.
9. **Гусев Л. М.** Основы теории и расчета машин для подметания городских дорог:

автореферат дис. канд. техн. наук / Л.М. Гусев - Московский автомобильно-дорожный институт. - М., 1961. - 36 с.

10. **Щеголев В. А., Уланова М. Е.** Эластичные абразивные и алмазные инструменты (теория, конструкция, применение) / В. А. Щеголев, М. Е. Уланова. - Л.: «Машиностроение» (Ленинград. отд-ние), 1977. – 184 с.
11. **Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технология машиностроения** / Под общей редакцией Ф. В. Новикова и А. В. Якимова. В десяти томах. – Т. 4. «Теория абразивной и алмазноабразивной обработки материалов» - Одесса: ОНПУ, 2002. – 802 с. Глава 6. Шлифование полимер-абразивными эластичными кругами. – С. 289-328.

## REFERENCES

1. **Abrashkevich Ju. D., Smirnov V. M., Pelevin L. E., Rashkivs'kij V. P.** (2006). *Mehanizacija trudomistkih procesiv* [Mechanization of labor-intensive processes]. Kyiv, KNUBA Publ., 180. - (in Ukrainian).
2. **Abrashkevich Ju. D., Machishin G. M., Tishkovec' V. P.** (2015). *Vpliv armuvannja na bezpeku ekspluatacij abrazivnih krugiv* [Effect of reinforcement on the safety of the operation of abrasive wheels]. *Girnichy, budivel'ni, dorozhni ta meliorativni mashini* [Mining, construction, road and reclamation machines], No. 85, 54-59. - (in Ukrainian).
3. **Abrashkevich Ju. D., Pelevin L. E., Machishin G. N.** (2016). *Jekspluatacija abrazivnyh armirovannyh krugov* [Operation of abrasive reinforced wheels]. *Montazhnye i special'nye raboty v stroitel'stve. Ezhemesjachnyj nauchno-tehnicheskij i proizvodstvennyj zhurnal* [Assembly and special works in construction. Monthly scientific, technical and production magazine], No. 4, 30-32. - (in Russian).
4. **Abrashkevich Ju. D., Machishin G. M., Chovnjuk O. V., Shherbina T. F.** (2016). *Pidvishhennja efektyvnosti mashin z abrazivnim instrumentom* [Improving the efficiency of machines with abrasive tool]. *Girnichy, budivel'ni, dorozhni ta meliorativni mashini* [Mining, construction, road and reclamation machines], No. 87, 56-62. - (in Ukrainian).
5. **Abrashkevich Ju., Machishin G., Tishkovec' V.** (2017). *Vimogi do tehnologii vigotvorennya, zberigannja ta bezpechnoi ekspluatacij abrazivnyh armovanih krugiv* [Requirements for the technology of manufacturing, storage and safe operation of abrasive reinforced circles]. *Gir-*

nichi, budivel'ni, dorozhni ta meliorativni mashini [Mining, construction, road and reclamation machines], No. 89, 48-55. - (in Ukrainian).

6. **Abrashkevich Ju. D., Pelevin L. E., Machishin G. N.** (2017). Vliyanie konstrukcii privodnoj mashiny na iznosostojkost' abrazivnyh armirovannyh krugov [Influence of the design of the drive machine on the wear resistance of abrasive reinforced wheels]. *Montazhnye i special'nye raboty v stroitel'stve. Ezhemesjachnyj nauchno-tehnicheskij i proizvodstvennyj zhurnal* [Assembly and special works in construction. Monthly scientific, technical and production magazine], No. 4, 7-9. - (in Russian).
7. **Abrashkevich Ju. D., Pelevin L. S., Fomin A. V., Garkavenko O. M.** (2011). Osnovi teorii robochih procesiv obrobki budivel'nih materialiv i konstrukcij abrazivnim instrumentom: monografija [The basis of the theory of the robotic processes of the obrobki of the ordinary material and the design of the abrasive tool: monograph]. Kyiv, KNUBA Publ., 176. - (in Ukrainian).
8. **Abrashkevich Ju. D., Machishin G. M., Chovnjuk O. V.** (2014). Matematichna model' teplovih procesiv pri roboti polimerno-abrazivnoї shhitki [Mathematical model of thermal processes in the work of a polymer-abrasive brush]. *Girnichі, budivel'ni, dorozhni ta meliorativni mashini* [Mining, construction, road and reclamation machines], No. 83, 91-96. - (in Ukrainian).
9. **Gusev L. M.** (1961). Osnovy teorii i rascheta mashin dlja podmetanija gorodskih dorog: avtoreferat dis. kand. tehn. nauk. Moskovskij avtomobil'no-dorozhnyj institut. Moscow, 36. - (in Russian).
10. **Shhegolev V. A., Ulanova M. E.** (1977). Jelastichnye abrazivnye i almaznye instrumenty (teoriya, konstrukcija, primenenie). *Mashinostroenie*, 184. - (in Russian).
11. **Novikova F. V., Jakimova A. V.** (2002). Fiziko-matematicheskaja teoriya processov obrabotki materialov i tehnologija mashinostroenija v desjati tomah. Ch.4. Teoriya

abrazivnoj i almaznoabrazivnoj obrabotki materialov. Odessa, ONPU, 802. Vol.6. Shlifovanie polimer-abrazivnymi jelastichnymi krugami, 289-328. - (in Ukrainian).

### Research process of elastic fiber oscillation during its rotation

*Yuri Abrashkevych<sup>1</sup>, Grygory Machyshyn<sup>2</sup>, Alexander Marchenko<sup>3</sup>, Tatiana Shcherbina<sup>4</sup>*

*Kyiv National University of Construction and Architecture*

**Abstract.** With every passing year, the flexible abrasive tool is increasingly used. It is used in the cleaning of metal and non-metal surfaces from paint coatings, rust and all kinds of impurities.

The purpose of the work is to study the process of oscillation of the elastic fiber during its stationary rotation. The result of the work will determine the life of the polymer-abrasive brush.

Using the theoretical method, the following studies were performed: using the D'Alembert principle, the fiber element equilibrium was investigated; the components of the intensity of the total inertial load acting on the element of the rod during its rotation were determined; describes the relative interconnected bends of longitudinal oscillations of the cantilever rod of the rotor during its stationary rotation.

The results of the performed work allow to continue the study of oscillations of polymer-abrasive fibers with horizontal arrangement of the brush disk. This will determine the resource of the working body.

The uniform distribution of abrasive grains of the same mass and size over the entire length and in section of the fibers allows to reduce the frequency of bending oscillations. This increases the brush workforce. As fatigue stresses decrease.

The results of the work can be used to investigate the resource of flexible abrasive working bodies. Which are becoming widespread in modern times.

**Keywords:** Polymer-abrasive brush, elastic fiber, rotation, abrasive, vibrations of fiber.