

УДК 621.923.42

DOI: 10.25140/2411-5363-2019-2(16)-44-53

Наталія Сіра, Антоніна Кологойда, Олександр Литвин, Дмитро Кальченко

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ ЧИСТОВОМУ ШЛІФУВАННІ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ТА ГОЛЧАСТОЇ ПОВЕРХОНЬ ВАЛИКА ТЕКСТИЛЬНОЇ МАШИНИ

Актуальність теми дослідження. У процесі виготовлення тканин у текстильному виробництві використовують різноманітні агрегати, такі як чесальні, ворсувальні та інші. Їхньою робочою частиною є барабани та валики, обтягнуті кардною гарнітурою. До якості робочої поверхні кардної гарнітури висувають високі вимоги, оскільки виникнення похибки твірної барабана чи валика текстильного агрегату спричиняє утворення нерівномірного зазору між робочими елементами і відповідно випуск неякісного продукту. А незадовільний стан робочої поверхні голок викликає розрив матеріалу, що також збільшує відсоток браку.

Постановка проблеми. Враховуючи великі габарити барабанів та валиків текстильних машин, а також незначну жорсткість гарнітури, значний вплив на точність обробки мають динамічні фактори.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Досліджено різноманітні аспекти теорії коливання жорстких конструкцій, що дозволяє використовувати аналітичний підхід до багатьох практичних випадків. Розглянуто основні питання динаміки металорізальних верстатів: еквівалентні та пружні системи, робочі процеси, стійкість динамічної системи, стаціонарні та перехідні процеси. Наведені дані про замкнену динамічну систему верстата, показники динамічної якості. Запропоновано способи чистового шліфування гладкої циліндричної та заточування голчастої поверхонь барабанів та валиків текстильних машин.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Однак не проведено дослідження динамічних характеристик у процесі чистового шліфування циліндричної та голчастої поверхонь барабанів та валиків текстильних машин.

Постановка завдання. Дослідження динамічних характеристик процесу шліфування циліндричної і голчастої поверхонь барабанів і валиків текстильних машин та визначення динамічних властивостей елементів системи обробки.

Виклад основного матеріалу. Визначено величину початкового відхилення голок у результаті їх удару о поверхню шліфувального круга в момент входження в зону обробки. Побудовано просторову модель голки та проведено її частотний аналіз у системі Solidworks. Оскільки обробку текстильних валиків пропонується проводити на заточному верстаті ВЗ-208ФЗ, також було проведено модальний аналіз його шпиндельного вузла. Та шляхом експериментального дослідження побудовано амплітудно-фазову-частотну характеристику.

Висновки відповідно до статті. Шляхом комп'ютерного просторового моделювання визначено перші п'ять власних частот коливання, а також відповідні їм форми коливань для голок кардної гарнітури та для шпиндельного вузла верстата ВЗ-208ФЗ. Експериментальним шляхом побудовано амплітудно-фазову-частотну характеристику шпинделя.

Ключові слова: текстильні машини; шліфування; динаміка; власні коливання; амплітудно-фазова-частотна характеристика.

Рис.: 12. Бібл.: 9.

Постановка проблеми. У процесі виготовлення тканин у текстильному виробництві використовують різноманітні агрегати, такі як чесальні, ворсувальні та інші. Їх робочою частиною є барабани та валики, обтягнуті кардною гарнітурою. Тип гарнітури вибирається залежно від стадії обробки, завдань та характеристик матеріалу, який обробляється. До якості робочої поверхні кардної гарнітури висувають високі вимоги, оскільки виникнення похибки твірної барабана чи валика текстильного агрегату спричиняє утворення нерівномірного зазору між робочими елементами і відповідно випуск неякісного продукту. А незадовільний стан робочої поверхні голок викликає розрив матеріалу, що також збільшує відсоток браку. З метою забезпечення необхідних параметрів точності та якості кардної гарнітури, здійснюють високоякісну обробку базової циліндричної поверхні та в декілька етапів обробки забезпечують необхідну рівність та гостроту голчастої поверхні. Враховуючи великі габарити барабанів та валиків текстильних машин, а також незначну жорсткість гарнітури, значний вплив на точність обробки мають динамічні фактори. Отже, вивчення динамічних характеристик процесу шліфування циліндричної та голчастої поверхні барабанів та валиків текстильних машин є актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У роботах [1; 2] досліджено різноманітні аспекти теорії коливання жорстких конструкцій, що дозволяє використовувати аналітичний підхід до багатьох практичних випадків. Розглянуті лінійні системи з однією, двома та більше ступенями свободи.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Розглянуто [3; 4] основні питання динаміки металорізальних верстатів: еквівалентні та пружні системи, робочі процеси, стійкість динамічної системи, стаціонарні та перехідні процеси. Наведені дані про замкнену динамічну систему верстата, показники динамічної якості. А також про поведінку динамічної системи при різноманітних зовнішніх навантаженнях з погляду точності обробки деталі, якості її поверхні, продуктивності обробки й навантажень на пружну систему та привод. Розглянута методика динамічного розрахунку верстатів та методики їх випробування.

У роботі [5] розглянуто методи і засоби контролю динамічних параметрів роботи чеських машин, а також схеми балансування барабанів та валиків текстильних агрегатів.

Запропоновано способи [6; 7] чистового шліфування гладкої циліндричної та заточування голчастої поверхонь барабанів та валиків текстильних машин для забезпечення необхідних параметрів точності та продуктивності процесу.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Однак не проведено дослідження динамічних характеристик у процесі чистового шліфування циліндричної та голчастої поверхонь барабанів та валиків текстильних машини.

Мета статті. Головною метою роботи є дослідження динамічних характеристик процесу шліфування циліндричної та голчастої поверхонь барабанів та валиків текстильних машин, та визначення динамічних властивостей елементів системи обробки.

Виклад основного матеріалу. Шліфування голчастої гарнітури текстильного обладнання здійснюють після намотування кардної стрічки на барабан, а також через певний проміжок роботи обладнання для надання голкам необхідної гостроти. Спочатку виконується чорнове шліфування з метою вирівнювання висоти голок вздовж твірної барабана або валика. Після чого необхідна гострота голкам надається шляхом виходження, часто вручну.

Обробку здійснюють за пружною схемою (рис. 1). Шліфувальний круг підводять до текстильного валика до моменту появи іскріння, після чого задається глибина врізання і відбувається зняття чорнового припуску за декілька проходів.

Особливістю процесу шліфування голчастої гарнітури є мала жорсткість деталі. Тому значний вплив на якість обробки мають динамічні характеристики всіх елементів системи.

Головним робочим елементом є голки, у процесі шліфування під час їх входження в зону обробки вони ударяються о поверхню шліфувального круга, у результаті чого відхиляються від свого початкового положення. Величину відхилення голки можна визначити, використовуючи закон збереження енергії, вважаючи, що при ударі двох тіл, круга та голки, зменшення кінетичної енергії тіл дорівнює збільшенню потенційної енергії деформації

$$A_u + T_u + T_2 = U_2, \quad (1)$$

де A_u – робота шліфувального круга, яка витрачається на переміщення голки; T_u – кінетична енергія круга; T_2 – кінетична енергія голки; U_2 – потенційна енергія голки.

$$U_2 = \frac{1}{2} \cdot \delta^2 \cdot C, \quad (2)$$

де $C = \frac{3 \cdot E \cdot I}{l}$ – жорсткість голки; δ – переміщення кінчика голки під час удару.

$$A_u = m_u \cdot W_u \cdot \delta, \quad (3)$$

$$T_u = \frac{I \cdot \omega_u^2}{2} = \frac{m_u \cdot R_u^2 \cdot \omega_u^2}{2}, \quad (4)$$

$$T_z = \frac{m_z \cdot V_z^2}{2}, \quad (5)$$

де m_u , m_z – маси круга й голки відповідно; $W_u = \omega_u^2 \cdot R_u$ – прискорення на периферії шліфувального круга; $\omega_u = \frac{V_u}{R_u}$ – кутова швидкість руху круга; V_u – швидкість руху точок периферії шліфувального круга; R_u – радіус шліфувального круга; V_z – швидкість руху голки.

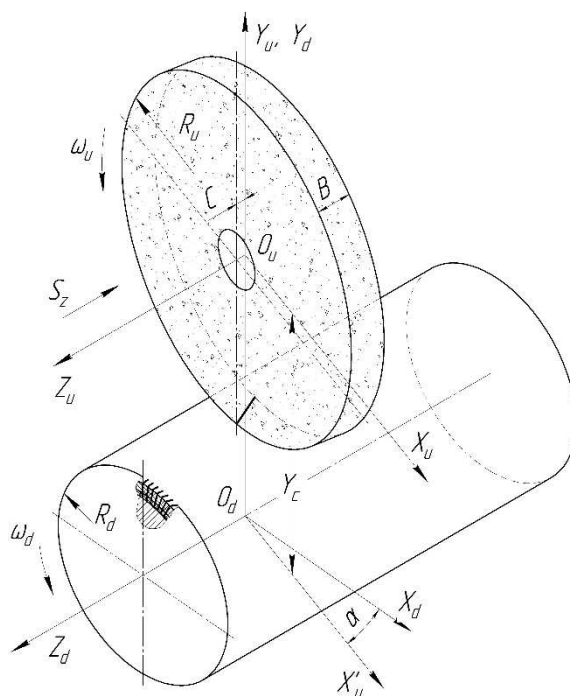


Рис. 1. Схема шліфування текстильного валика

Підставивши рівняння (2), (3), (4) та (5) у вираз (1) отримаємо

$$m_u \cdot \omega_u^2 \cdot R_u \cdot \delta + \frac{m_u \cdot R_u^2 \cdot \omega_u^2}{2} + \frac{m_z \cdot V_z^2}{2} = \frac{1}{2} \cdot \delta^2 \cdot C. \quad (6)$$

Розв'язавши рівність (6) відносно δ отримаємо величину зміщення голки в результат удару об поверхню шліфувального круга

$$\delta = \frac{m_u \cdot \omega_u^2 \cdot R_u + \sqrt{(m_u \cdot \omega_u^2 \cdot R_u)^2 + C \cdot (m_u \cdot \omega_u^2 \cdot R_u + m_z \cdot V_z^2)}}{C}. \quad (7)$$

У результаті силового впливу інструмента на голку вона починає здійснювати коливання з певною частотою та амплітудою. Як відомо [1], частота та амплітуда коливання голки в кожній її точці є результатом суперпозиції власних коливань. Для визначення власних частот та форм коливань, що їм відповідають, скористаємося засобами комп'ютерного моделювання в системі SolidWorks [8].

Для цього необхідно створити просторову модель голки (рис. 2, а, б), з визначенням її геометрії та властивостей матеріалу. Сітка скінченних елементів може генеруватись системою автоматично, у цьому випадку пропонується використовувати стандартну

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

сітку на твердому тілі, що задовольняє нашим вимогам щодо точності розрахунку. При цьому голка розбивається на 5817 елементів, які містять 10206 вузлів, розмір елемента становить 0,0926 мм (рис. 2, в).

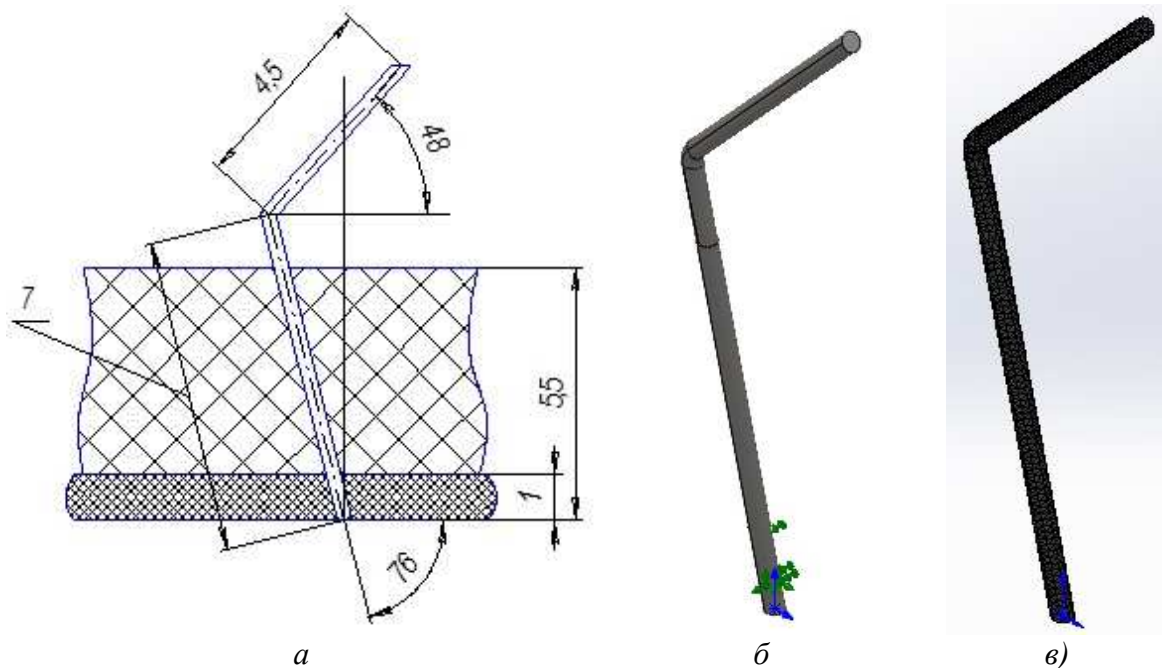


Рис. 2. Креслення (а), просторова модель (б) та сітка скінчених елементів голки (в)

У результаті комп'ютерного моделювання визначено, що перші п'ять власних частот для голки із заданими розмірами становлять: $f_1 = 6360,1 \text{ Гц}$, $f_2 = 6496,1 \text{ Гц}$, $f_3 = 36177 \text{ Гц}$, $f_4 = 39087 \text{ Гц}$ та $f_5 = 73873 \text{ Гц}$, відповідні їм форми коливань наведені на рис. 3, 4.

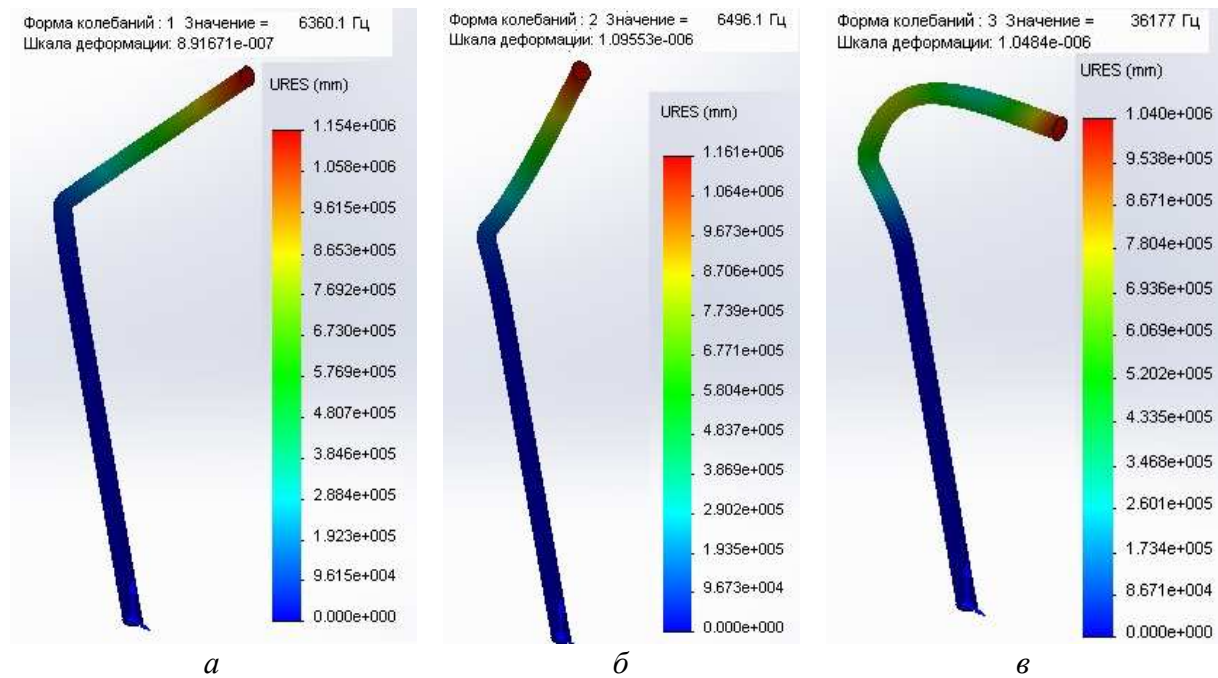


Рис. 3. Власні частоти та форми коливань голок:
а – 1-а; б – 2-а; в – 3-я

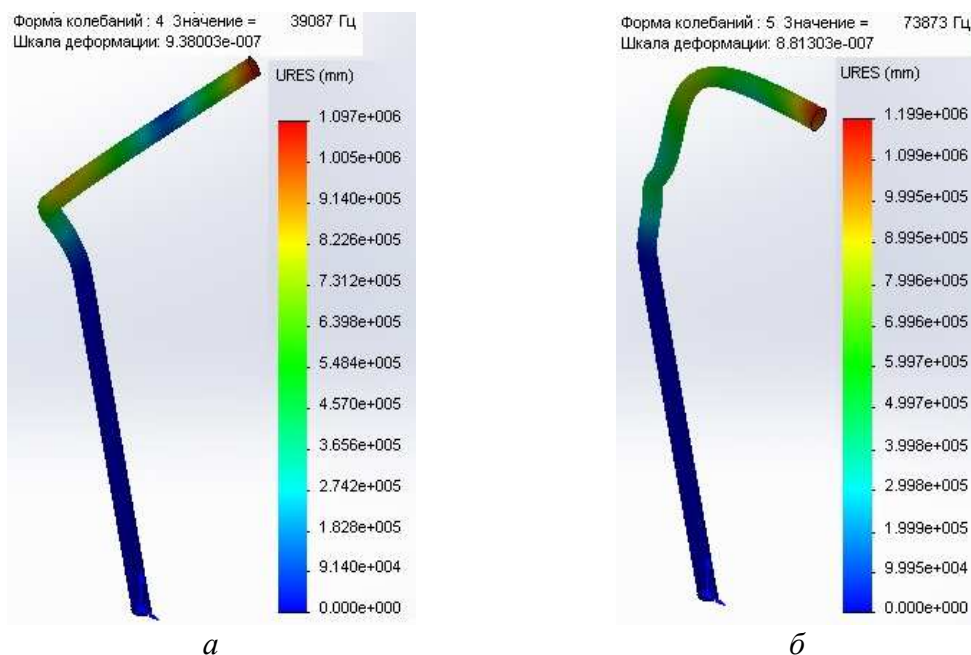


Рис. 4. Власні частоти та форми коливань голок:
а – 4-а; б – 5-а

Обробку базової циліндричної поверхні та голчастої гарнітури за способами [6; 7] пропонується здійснювати на заточному верстаті ВЗ-208ФЗ, орієнтованим інструментом. Зрозуміло, що значний вплив на динамічні характеристики обробляючої системи має шпиндельний вузол верстата.

З метою проведення частотного аналізу шпинделя було побудовано його просторову модель у системі SolidWorks. Загальний вигляд шпинделя та схема його закріплення показано на рис. 5.

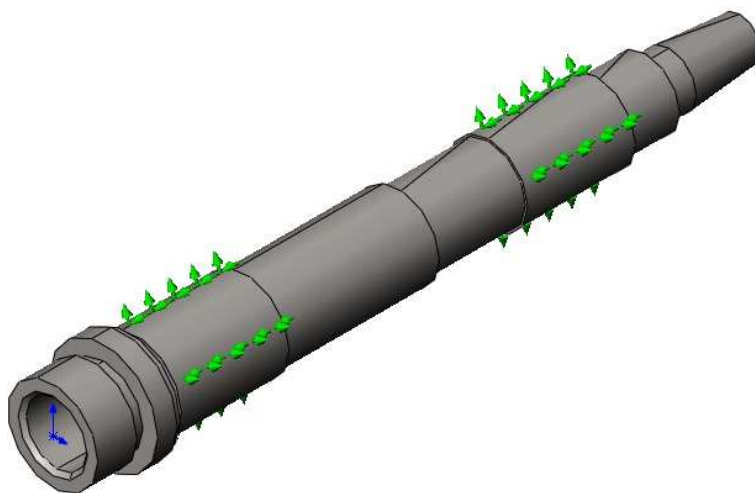


Рис. 5. Просторова модель шпинделя верстата ВЗ-208ФЗ

У процесі визначення власних частот та форм коливання використовувалась стандартна сітка на твердому тілі з розміром елемента 6,726 мм. Загальна кількість елементів при цьому становить 8689, а кількість вузлів – 15 363. Аналіз системи показує, що таке розбиття деталі є оптимальним та забезпечує задовільну точність розрахунків.

На рис. 6-10 показані форми коливань для п'яти перших власних частот шпинделя, при цьому їх значення відповідно становлять: $f_{1ш} = 0,0289 \text{ Гц}$, $f_{2ш} = 5105,4 \text{ Гц}$, $f_{3ш} = 6272,1 \text{ Гц}$, $f_{4ш} = 6277,8 \text{ Гц}$ та $f_{5ш} = 6446 \text{ Гц}$.

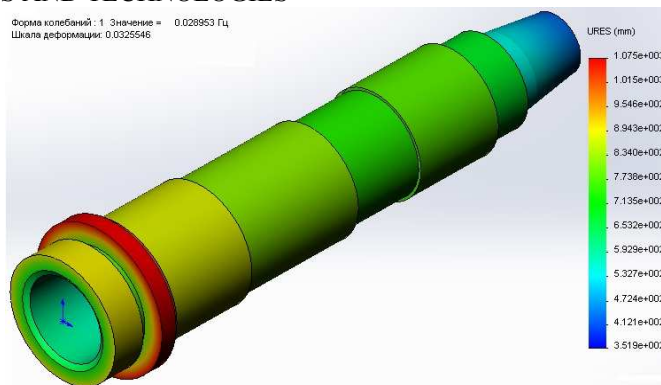


Рис. 6. Форма коливань першої власної частоти шпинделя верстата ВЗ-208Ф3

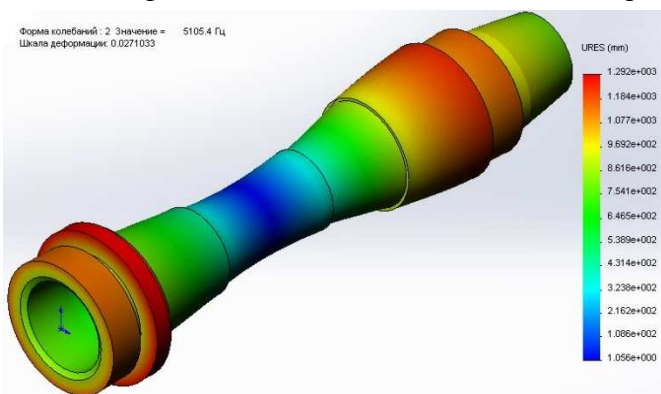


Рис. 7. Форма коливань другої власної частоти шпинделя верстата ВЗ-208Ф3

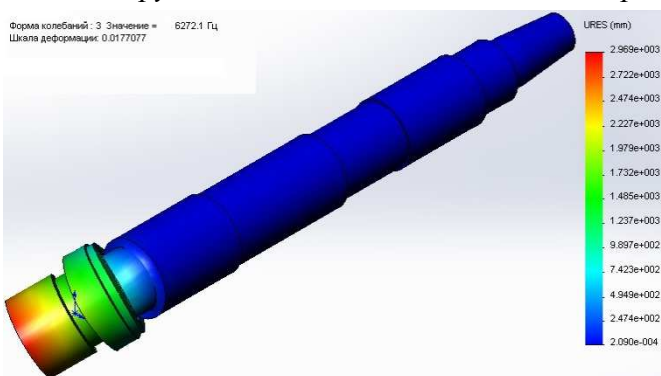


Рис. 8. Форма коливань третьої власної частоти шпинделя верстата ВЗ-208Ф3

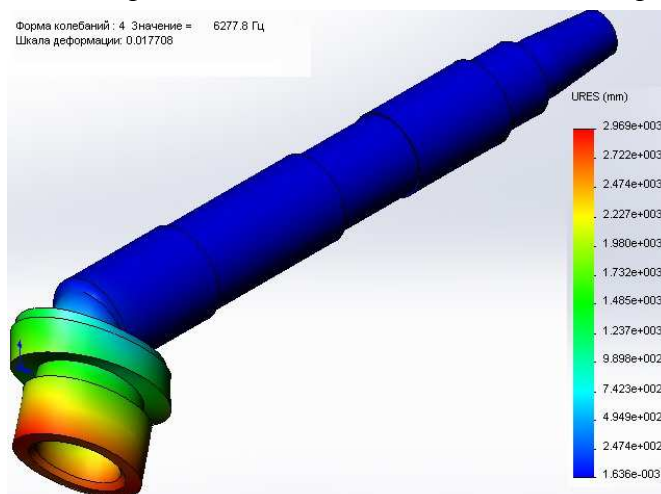


Рис. 9. Форма коливань четвертої власної частоти шпинделя верстата ВЗ-208Ф3

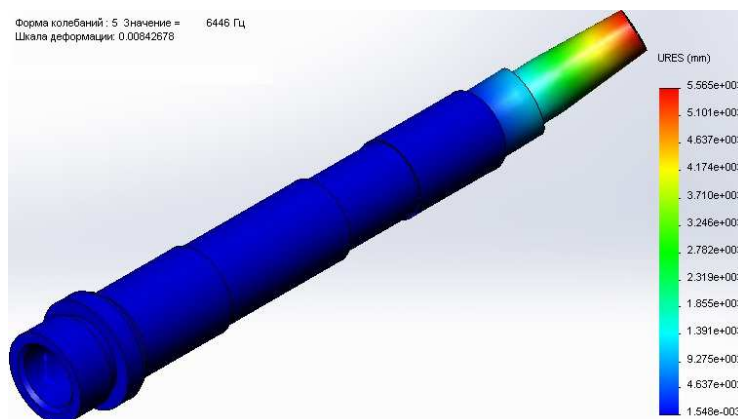


Рис. 10. Форма коливань n 'ятої власної частоти шпинделя верстата ВЗ-208ФЗ

З метою визначення амплітудно-фазової-частотної характеристики шпинделя верстата ВЗ-208 ФЗ було створено експериментальну установку (рис. 11). Вона складається з безпосередньо шпинделя верстата ВЗ-208ФЗ 1 (рис. 11, а), АФЧХ якого ми плануємо отримати. На шпиндель 1 встановлена спеціальна втулка 2, її коливання з заданою частотою та амплітудою викликає електромагнітний збуджувач 3. Зняття показань здійснюється оптико-волоконним датчиком (рис. 11, б), що підключається до ЕВМ. Цей датчик являє собою оптичне волокно 1 (рис. 11, б), діаметр якого становить 10 мм. Волокно містить дві концентричні частини 2 та 3. Внутрішня частина 3 випромінює світловий потік, а зовнішня частина 2 сприймає відбите світло. За рахунок визначення зміни кількості сприйнятого світла в певний проміжок часу можна визначити частоту та амплітуду коливання втулки 2 (рис. 11, а), залежно від амплітуди та частоти коливань викликаних збуджуючим пристроєм 3, це й буде визначати АФЧХ шпинделя.

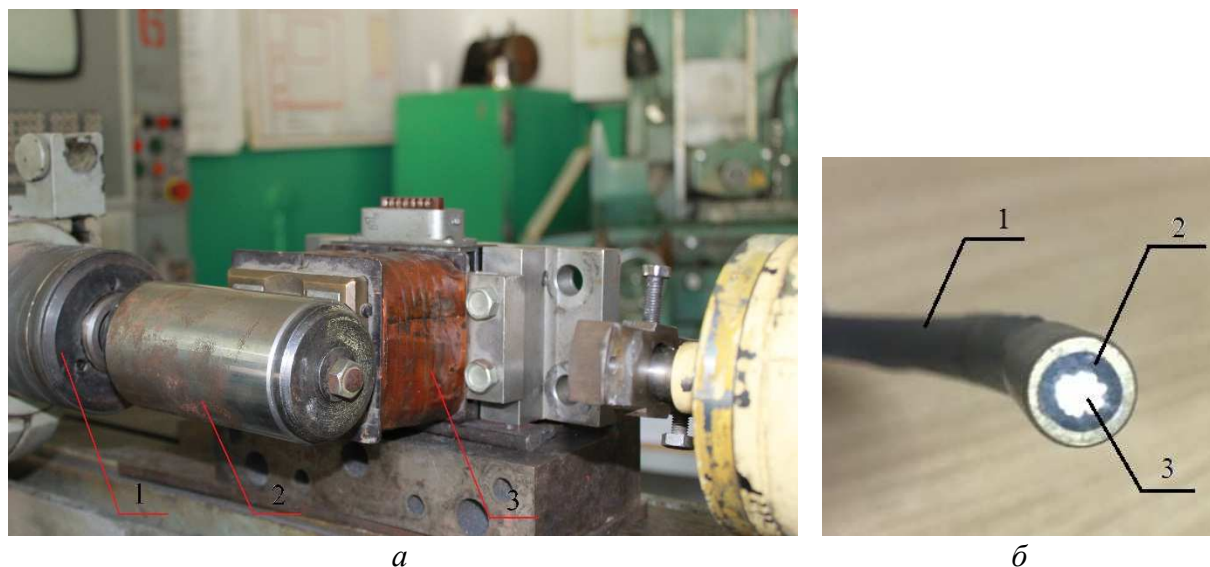


Рис. 11. Експериментальна установка визначення АФЧХ шпинделя (а), оптико-волоконний датчик (б)

За отриманим набором даних за допомогою будь-якого графічного чи математичного редактора можна побудувати амплітудно-фазово-частотну характеристики шпинделя. У цьому випадку побудова виконувалась у математичному пакеті MathCad.

У результаті експериментального дослідження виявлено, що АФЧХ шпинделя верстата ВЗ-208ФЗ має вигляд кривої, зображеної на рис. 12.

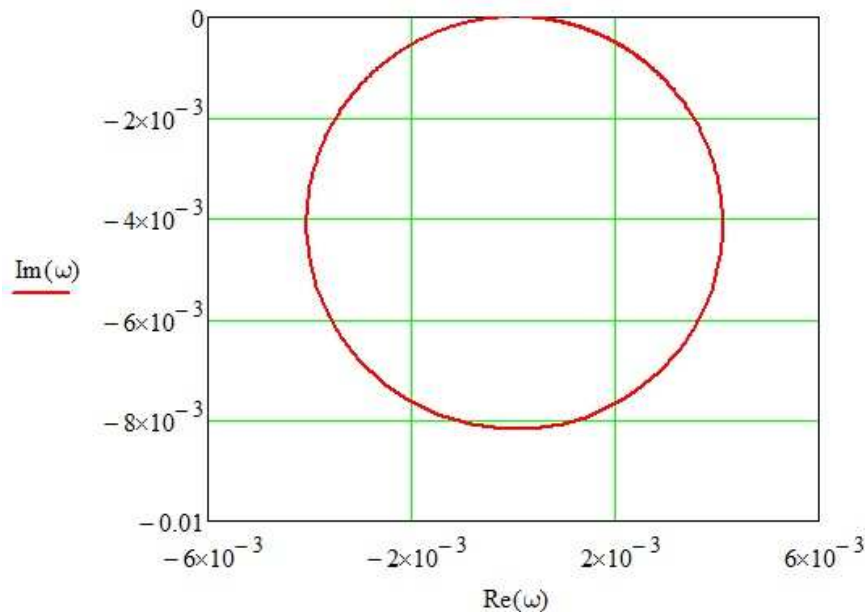


Рис. 12. Амплітудно-фазово-частотна характеристика шпинделя верстата ВЗ-208ФЗ

Висновки відповідно до статті. Визначено величину початкового відхилення голок у результаті їх удару о поверхню шліфувального круга в момент входження в зону обробки. Побудовано просторову модель голки та проведено її частотний аналіз у системі Solidworks. Оскільки обробку текстильних валиків пропонується проводити на заточному верстаті ВЗ-208ФЗ, також було проведено модальний аналіз його шпиндельного вузла. Шляхом експериментального дослідження побудовано амплітудно-фазово-частотну характеристику.

Шляхом комп'ютерного просторового моделювання визначено перші п'ять власних частот коливання, а також відповідні їм форми коливань для голок кардної гарнітури та для шпиндельного вузла верстата ВЗ-208ФЗ. Експериментальним шляхом побудовано амплітудно-фазово-частотну характеристику шпинделя.

Список використаних джерел

1. Бишоп Р. Колебания / пер. с англ. под ред. Я. Г. Памовко. 3-е изд. Москва: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. 192 с.
2. Тимошенко С. П., Янг Д. Х., Уивер У. Колебания в инженерном деле / пер. с англ. Л. Г. Корнейчука; под. ред. Э. И. Григолоука. Москва: Машиностроение, 1985. 472 с.
3. Кудинов В. А. Динамика станков. Москва: Машиностроение, 1967. 360 с.
4. Орликов М. Л. Динамика станков. Київ: Выща шк. Головное изд-во, 1989. 272 с.
5. Оренбах С. Б., Кофман Э. Д., Худых М. И. Повышение эффективности работы чесальных машин. Москва: Легкая индустрия, 1980. 176 с.
6. Пат. 134080 Україна, МПК В24В 5/04. Спосіб круглого чистового шліфування периферією орієнтованого круга / Кальченко В. І., Кальченко В. В., Сіра Н. М., Кологойда А. В., Кужельний Я. В., Кальченко Д. В., Морочко В. В., Аксьонова О. О. – Опубл. 25.04.2019. Бюл. № 8. 4 ст.
7. Пат. №9394 Україна, МПК В24В19/00. Спосіб заточування голчастої циліндричної поверхні периферією орієнтованого круга / Кальченко В. І., Кальченко В. В., Єрошенко А. М., Кологойда А. В. – Опубл. 25.09.2014. Бюл. № 18.
8. Lombard M. SolidWorks 2011 Parts Bible. Wiley Publishing, Inc., 2011. 234 p.
9. Алямовский А. А. SolidWorks/CosmosWorks. Инженерный анализ методом конечных элементов. Москва: ДКМ Пресс, 2004. 432 с.

References

1. Bishop, R. (1986). *Kolebaniia [Vibration]*. Moscow: Nauka. Glavnaia redaktsiia fiziko-matematicheskoi literatury [in Russian].

2. Timoshenko, S. P., Yang, D. H., Uiver, U. (1985). *Kolebaniia v inzhenernom dele [Vibration in engineering]*. Moscow: Mashinostroenie [in Russian].
3. Kudinov, V. A. (1967) *Dinamika stankov [Machine dynamics]*. Moscow: Mashinostroenie [in Russian].
4. Orlikov, M. L. (1989). *Dinamika stankov [Machine dynamics]* Kiev: Vyischa shkola. Golovnoe izdatelstvo [in Russian].
5. Orenbah, S. B., Kofman, E. D., Hudyyh, M. I. (1980). *Povyshenie effektivnosti raboty chesalnyih mashin [Increasing the efficiency of carding machines]*. Moscow: Legkaia industriia [in Russian].
6. Kalchenko, V. I., Kalchenko, V. V., Sira, N. M., Kolohoida, A. V., Kuzhelnyi, Ya. V., Kalchenko, D. V., Morochko, V. V., Aksonova, O. O. (2019). *Sposib kruhloho chystovoho shlifuvannia peryferiiei oriietovanoho kruha [The method of round finishing polishing is the periphery of the oriented circle]*. Patent 134080 Ukraina [in Ukrainian].
7. Kalchenko V. I., Kalchenko V. V., Yeroshenko A. M., Kolohoida A. V. (2014). *Sposib zatochuvannia holchastoi tsylindrychnoi poverkhni peryferiiei oriietovanoho kruha [The method of sharpening the needle cylindrical surface is the periphery of the oriented circle]*. Patent № 9394 Ukraina [in Ukrainian].
8. Lombard, M. (2011). *SolidWorks 2011 Parts Bible*. Wiley Publishing [in English].
9. Alyamovskiy, A. A. (2004) *SolidWorks/CosmosWorks. Inzhenernyi analiz metodom konechnykh elementov [Solidworks / CosmosWorks. Engineering analysis by the finite element method]*. Moscow: DKM Press [in Russian].

UDC 621.923.42

Natalia Sira, Antonina Kolohoida, Oleksandr Lytvyn, Dmytro Kalchenko

DEFINITION OF DYNAMIC CHARACTERISTICS GRINDING OF CYLINDRICAL AND NEEDLE ROLLER SURFACE OF A TEXTILE MACHINE

Urgency of the research. In the process of fabricating fabrics, various types of aggregates are used in the textile industry, such as crocheting, crocheting and others. Their working part is the drums and rollers covered with card headset. The quality of the work surface of the card headset is subject to high requirements, since the occurrence of an error in the craft drum or roller of the textile unit causes the formation of an uneven gap between the working elements and, accordingly, the release of the poor-quality product. And not a satisfactory condition of the working surface of the needles causes a gap in the material, which also increases the percentage of the gap.

Target setting. Given the large dimensions of the drums and rollers of textile machines, as well as the slight stiffness of the headset, the dynamic impact on the accuracy of the processing has a significant impact.

Actual scientific researches and issues analysis. Various aspects of the theory of fluctuations of rigid structures are investigated, which allows us to use an analytical approach to many practical cases. The main issues of the dynamics of metal-cutting machine tools are considered: equivalent and elastic systems, working processes, stability of the dynamic system, stationary and transitional processes. The data on the closed dynamical system of the machine, the indicators of dynamic quality are given. The methods of finishing a grinding of smooth cylindrical and sharpening of needle surfaces of drums and rollers of textile machines are offered.

Uninvestigated parts of general matters defining. However, the study of dynamic characteristics in the process of finishing grinding cylindrical and needle surfaces of drums and rollers of textile machines was not conducted. Research of dynamic characteristics of the grinding process of cylindrical and needle surfaces of drums and rollers of textile machines, and determination of dynamic properties of elements of the processing system.

The statement of basic materials. The value of the initial deflection of the needles as a result of their impact on the surface of the grinding wheel at the time of entry into the processing zone was determined. A spatial model of the needle was constructed and its frequency analysis in the Solidworks system was performed. Since the processing of textile rollers is proposed to be carried out on the grinding machine VZ-208F3, a modal analysis of its spindle assembly was also carried out. In the experimental study, the amplitude-phase-frequency characteristic is constructed.

Conclusions. Through the computer spatial modeling, the first five self-oscillation frequencies were determined, as well as the corresponding oscillation patterns for the needle of the card headset and for the spindle knot of the machine VZ-208F3. Experimental way is the amplitude-phase-frequency characteristic of the spindle.

Keywords: textile machines; grinding; dynamics; oscillations; amplitude-phase-frequency characteristic.

Fig.: 12. **References:** 9.

Сіра Наталія Миколаївна – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобільного транспорту та галузевого машинобудування, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Sira Natalia – PhD in Technical Sciences, Associated Professor of Road Transport Industry and Mechanical Engineering, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

E-mail: nnseraya@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3248-0593>

ResearcherID: K-2658-2017

Кологойда Антоніна Вікторівна – старший викладач кафедри автомобільного транспорту та галузевого машинобудування, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Kolohoida Antonina – senior teacher of road transport industry and mechanical engineering, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: kolohoida@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1742-2686>

ResearcherID: I-1118-2014

Литвин Олександр Олександрович – аспірант кафедри інформаційних технологій та програмної інженерії, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Lytvyn Oleksandr – PhD student of the Department of Information Technologies and Software Engineering, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: xpower4718@gmail.com

Кальченко Дмитро Володимирович – аспірант, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Kalchenko Dmytro – PhD student, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: itmia@ukr.net