

УДК 621.922

*Антоніна Кологойда***ВИЗНАЧЕННЯ СИЛОВИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ ПРИ ЗАТОЧУВАННІ ГОЛЧАСТОЇ ГАРНИТУРИ***Антонина Кологойда***ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛОВЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ПРИ ЗАТАЧИВАНИИ ИГОЛЬЧАТОЙ ГАРНИТУРЫ***Antonina Kolohoida***DETERMINING THE CUTTING FORCES DURING CLOTHING WIRE ARE BEING GRINDED**

*На якість обробки вовни на чесальних агрегатах значним чином впливає стан голчастої гарнітури. При її заміні на барабанах та валиках текстильних машин, а також у результаті тривалого використання необхідно проводити її заточування. Нині немає науково обґрунтованої методики вибору режимів різання. У роботі запропонована методика визначення одиничних та загальних сил різання, що діють на одну голку у процесі заточування голчастої гарнітури барабанів та валиків текстильних агрегатів. Розраховано довжину лінії контакту однієї голки з абразивним інструментом та визначено кількість зерен, що беруть участь в обробці однієї голки, що дасть змогу в подальшому більш коректно вибрати режими обробки та характеристики різального інструменту.*

**Ключові слова:** заточування, шліфування, голчаста гарнітура, сила різання.

*Рис.: 5. Бібл.: 5.*

*На качество обработки шерсти на чесальных агрегатах значительно влияет состояние игольчатой гарнитуры. При ее замене на барабанах и валиках текстильных машин, а также в результате длительной эксплуатации необходимо осуществлять ее заточку. В данное время не существует научно обоснованной методики выбора режимов резания. В работе предложена методика определения единичных и суммарных сил резания, которые действуют на одну иглу в процессе затачивания игольчатой гарнитуры барабанов и валиков текстильных машин. Рассчитана длина линии контакта одной иглы с абразивным инструментом, а также определено количество зерен, которые принимают участие в обработке одной иглы, что даст возможность более рационально выбирать режимы обработки и характеристику режущего инструмента.*

**Ключевые слова:** заточка, шлифование, игольчатая гарнитура, сила резания.

*Рис.: 5. Библ.: 5.*

*The condition of clothing wire mostly influence on the quality processing wool. It is necessary to carry out grinding after it replacement on the drums and rollers of textile machines and after long-term operation. There are not procedures for the selection of cutting conditions at this time. We propose a method of determining the individual and total cutting forces that act on one needle in the process of sharpening the needle sets of drums and rollers of textile machines. It calculates the length of line of the needle contact with abrasive tools, and defined number of grains that are involved in the processing. This will be able a more rational to choose the modes of processing and characterization of the cutting tool.*

**Key words:** sharpening, grinding, clothing wire, cutting force.

*Fig.: 5. Bibl.: 5.*

**Постановка проблеми.** Однією з ключових операцій текстильної промисловості є підготовка сировини для подальшої її обробки та створення кінцевого продукту – нитки або тканини. Вхідна сировина – вовна, перш за все, проходить очищення та виділення окремих волокон прочісуванням її на чесальному агрегаті. На якість та продуктивність операції, а отже, і на загальну якість готової продукції значним чином впливає стан голчастої гарнітури. При заміні голчастої гарнітури на барабанах та валиках текстильних машин, а також у результаті тривалого використання необхідно проводити її заточування. Нині немає снує обґрунтованої методики вибору режимів різання, проте при завищених значеннях швидкості різання відбувається значне підвищення температури в зоні обробки, у результаті чого кінчики голки оплавляються та виникає задирка, яку в подальшому досить складно видалити, та яка призводить до розриву вовни, а отже, збільшення відсотка браку. Водночас, при низьких значеннях швидкості різання у процесі заточування голка значно відхиляється від робочого положення, її рух спричинює зміну форми робочої поверхні з плоскої на випуклу, що також погіршує умови роботи чесального агрегата. Отже, визначення силових залежностей, які допоможуть розробити методику вибору режимів шліфування при заточуванні голчастої гарнітури барабанів та валиків текстильних машин, є актуальною проблемою.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У роботах [1; 2] розглянуто існуючі схеми та запропоновані нові методи заточування голчастої поверхні барабанів та валиків текстильних агрегатів, що покращують якість обробки. У роботах [1; 3] запропонована методика визначення сумарної сили різання. Однак у всіх роботах текстильний валик розглядається як гладка циліндрична поверхня з введенням коефіцієнта на її переривчастість. У той же час, важливим питанням є саме силові та температурні фактори що впливають на одну конкретну голку.

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми.** В існуючих роботах розглянуто методику визначення загальної сили різання, що діє у межах плями контакту, однак, враховуючи малу жорсткість окремих голок голчастої гарнітури визначним критерієм вибору режимів різання та характеристик інструменту є сила, що діє на одну голку. Оскільки саме ця сила визначає динаміку зміни положення голок у процесі заточування, а отже, і форму вихідної робочої поверхні.

**Мета статті.** Головною метою роботи є визначення одиничних сил, що діють на кожну голку, що дасть можливість визначити характер руху голки у процесі заточування, а отже вихідну форму робочого елемента голки. Та в кінцевому результаті дасть змогу більш раціонально підбирати режими заточування та характеристики інструменту.

**Виклад основного матеріалу.** Текстильний барабан або валик являє собою гладку циліндричну поверхню, на яку намотується голчаста гарнітура (рис. 1), основними робочими елементами якої є голки, що закріплені на войлочній основі. Голки являють собою П-подібні скоби з вигнутими кінчиками. Залежно від призначення гарнітури, голки виготовляють діаметрами від 0,2 до 0,4 мм, також можливі варіанти їх закріплення у гарнітурі.

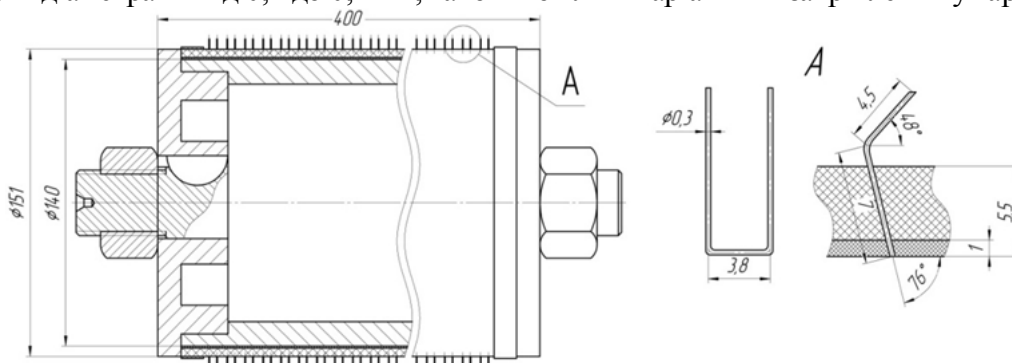


Рис. 1. Загальний вигляд текстильного валика

У загальному випадку заточування голчастої гарнітури барабанів та валиків чесальних машин 1 (рис. 2, а) здійснюється абразивним кругом 2, який обертається з кутовою швидкістю  $\omega_i$  та рухається вздовж осі деталі 1 з подачею  $S_z$ . Напрямок обертання валика  $\omega_v$  – зустрічний до шліфувального круга.

Обробка кожної конкретної голки починається у точці А – точці входу її у зону контакту з інструментом (рис. 2, б). Переважна кількість матеріалу знімається на ділянці А-В, але враховуючи малу жорсткість голок, у процесі оброблення вони відхиляються від номінального положення, а при русі з точки В до точки С повертаються у вихідне положення пружними силами, тим самим продовжуючи можливу зону контакту з інструментом до точки С. Довжина дуги контакту однієї голки та шліфувального круга залежить від розмірів деталі та інструмента, припуску на обробку, а також швидкостей обертання. Кут розташування точки А входження валика у контакт зі шліфувальним кругом розраховується за формулою

$$\cos(\beta_0) = \frac{(R_v + R_i - t)^2 + R_v^2 - R_i^2}{2 \cdot (R_v + R_i - t) \cdot R_v}, \quad (1)$$

де  $\beta_0$  – початковий кут контакту інструмента та деталі;  $R_v$  – максимальний радіус голчастої гарнітури текстильного валика;  $R_i$  – радіус інструменту;  $t$  – глибина різання.

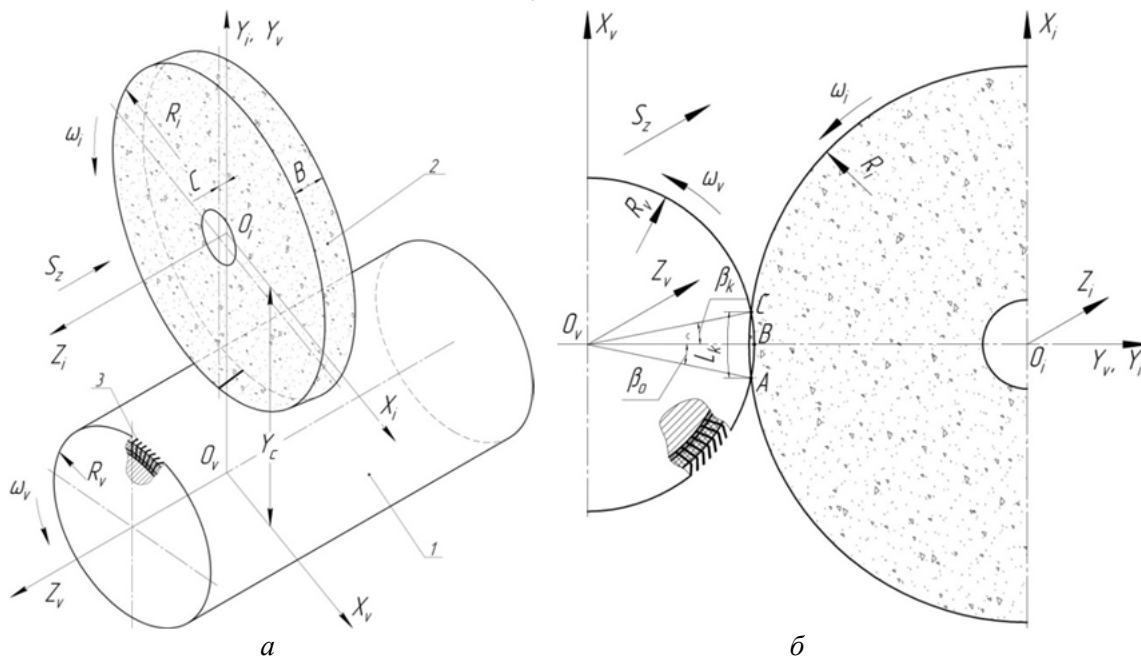


Рис. 2. Схема заточування голчастої гарнітури периферією шліфувального круга

Максимально можливий кут виходу т. А із зони контакту розраховується аналогічно (1), за припущення постійності радіусу текстильного валика  $|\beta_k| = |\beta_0|$ .

Швидкість обертання шліфувального круга  $\omega_i$  відрізняється від швидкості обертання деталі і, у загальному випадку, більша за кутову швидкість текстильного валика  $\omega_d$ . При повороті деталі на кут  $2\beta_0$  шліфувальний круг додатково повернеться на кут  $\beta_{dod} = 2 \cdot \beta_0 \cdot \frac{\omega_i}{\omega_v}$ , тоді загальний кут контакту інструмента і деталі становить  $\beta_z = \beta_0 + \beta_k + \beta_{dod}$ . Отже, максимально можлива довжина ділянки круга, що контактує з однією точкою на валику:  $L = \theta_z \cdot R_i$ , при цьому переважна кількість матеріалу знімається ділянкою круга довжиною  $L_1 = 0,5 \cdot L = 0,5 \cdot \theta_z \cdot R_i$ , при досягненні валиком точки В.

Площу ділянки контакту можна визначити, знаючи діаметр голки  $d_z$

$$s = L \cdot d_z + 0,25\pi \cdot d_z^2. \quad (2)$$

Розрахунок кількості абразивних зерен на довжині лінії контакту проводимо за методикою, наведеною у роботі [4]

$$N_z = N_n \cdot A \cdot \int_0^x t^{\gamma-1} \cdot (1-t)^{\eta-1} dt, \quad (3)$$

де  $N_z$  – кількість різальних кромek на заданому рівні, що припадають на одиниці довжини,  $N_n$  – повна кількість різальних кромek,  $A$ ,  $\gamma$ ,  $\eta$  – параметри бета-розподілу,  $0 \leq x \leq 1$ ,  $x = \frac{z}{H_n}$  – відношення відстані  $z$  від зовнішньої нульової лінії профілю до вершини даної різальної кромки до всієї висоти профілю  $H_n$ .

Кількість різальних кромek  $N_z'$  на одиниці поверхні круга

$$N_z' = \frac{k_n \cdot N_z}{d_{cp} + 2 \cdot r_i}, \tag{4}$$

де  $k_n$  – коефіцієнт перекриття абразивних зерен ( $k_n \approx 0,4 \div 0,8$ ),  $d_{cp}$  – середній розмір абразивних зерен,  $r_i$  – радіус округлення вершини щупа ( $r_i = 2 \text{ мкм}$ ).

Кількість абразивних зерен, що контактують з точкою  $A$ , визначається

$$N_z = s \cdot N_z'. \tag{5}$$

Однак контакт голки з розрахованою кількістю зерен відбувається послідовно протягом деякого часу. З метою визначення сил різання, що діють на голку, а також її відхилення у процесі різання, виділимо із загальної плями контакту одну голку (рис. 4). Загальну силу різання прийнято розкласти на нормальну ( $P_y$ ) та тангенціальну складові ( $P_z$ ), при цьому на заготовку діють відповідні, обернені сили, які, крім зняття матеріалу, додатково деформують деталь.

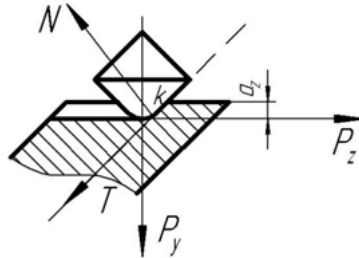


Рис. 3. Схема визначення сили різання, що діє на одну голку

Згідно з [4] на абразивне зерно у процесі різання діють сили зсуву, тертя та інерційна сила, при цьому складові сили різання визначаються з рівнянь

$$P_z = \tau_s \cdot a_z \cdot \sqrt{2 \cdot \rho \cdot a_z} \cdot \frac{\sin(\beta + \varphi_s)}{\sin \beta \cdot \sin \varphi_s} + \frac{2 \cdot \pi \cdot \tau_s \cdot a_z \cdot \rho \cdot \mu}{3 \cdot \mu_s} + 10^{-4} \cdot a_z \cdot \sqrt{2 \cdot \rho \cdot a_z} \cdot \rho_m \cdot v^2 \cdot \left[ 1 - \frac{\sin \beta \cdot \sin \gamma}{\cos(\beta - \gamma)} \right], \tag{6}$$

$$P_y = \tau_s \cdot a_z \cdot \sqrt{2 \cdot \rho \cdot a_z} \cdot \frac{\cos(\beta + \varphi_s)}{\sin \beta \cdot \sin \varphi_s} + \frac{2 \cdot \pi \cdot \tau_s \cdot a_z \cdot \rho \cdot \mu}{3 \cdot \mu_s} + 10^{-4} \cdot a_z \cdot \sqrt{2 \cdot \rho \cdot a_z} \cdot \rho_m \cdot v^2 \cdot \frac{\sin \beta \cdot \cos \gamma}{\cos(\beta - \gamma)}, \tag{7}$$

де  $\tau_s$  [кгс/мм<sup>2</sup>] – напруження зсуву,  $a_z$  [мм] – глибина врізання,  $\rho$  [мм] – середній радіус заокруглення вершини ріжучої крайки,  $\gamma$  – передній кут різальної крайки,  $\beta$  – кут зсуву,  $\varphi_s$  – кут тертя у площині зсуву,  $\mu_s$  – коефіцієнт внутрішнього тертя у площині зсуву,  $\mu$  – коефіцієнт зовнішнього тертя на задній поверхні різальної кромки,  $\rho_m$  [г/см<sup>3</sup>] – густина матеріалу,  $v$  [м/с] – швидкість різання.

Невідомі параметри у формулах (6), (7) визначаються експериментальним шляхом і наведені у [4] для різних типів матеріалів та характеристик шліфувальних кругів. Розрахунок кількості зерен, що одночасно знімають матеріал з однієї голки, проводиться за формулою (5), у якій  $s$  – площа поперечного перерізу голки.

Для визначення величини відхилення голки при її заточуванні також необхідно знати сили реакції, що виникають в основі (вовні) у місці закріплення голки. З метою визначення сил протидії було проведено експериментальне дослідження (рис. 4), у ході

якого до голки ступінчато прикладались зусилля та вимірювались відхилення голки від початкового положення [5]. У результаті чого побудовані карти напружень та переміщень що виникають у голці (рис. 5).

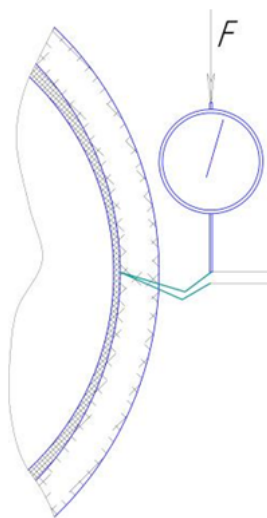


Рис. 4. Схема визначення сил реакцій основи

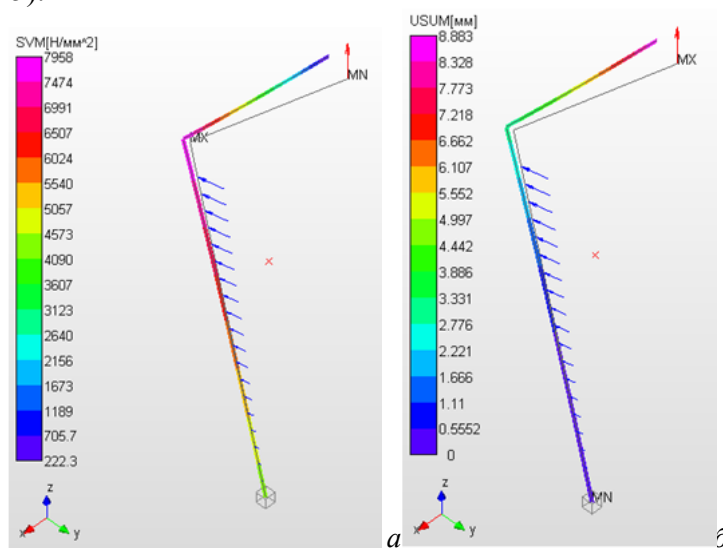


Рис. 5. Визначення реакцій голки під час шліфування: а – карта напружень; б – карта переміщень

**Висновки і пропозиції.** Запропонована методика визначення одиничних та загальних сил різання, що діють на одну голку у процесі заточування голчастої гарнітури барабанів та валиків текстильних агрегатів. Розраховано довжину лінії контакту однієї голки з абразивним інструментом та визначено кількість зерен, що беруть участь в обробці однієї голки загалом та максимально можливу кількість зерен, що ріжуть в один, певний, проміжок часу. На базі експериментального дослідження визначені сили протидії повстяної основи голчастої гарнітури, у результаті чого стало можливим моделювання поведінки голки у процесі шліфування. Надалі планується на базі отриманих силових залежностей розробити методику розрахунку оптимальних режимів різання з умови забезпечення необхідної форми робочої поверхні голчастої гарнітури.

#### Список використаних джерел

1. Грабченко А. И. Шлифование со скрещивающимися осями инструмента и детали (Монография) / А. И. Грабченко, В. И. Кальченко, В. В. Кальченко. – Чернигов : ЧГТУ, 2009. – 356 с.
2. Кальченко В. І. Особливості процесу заточки голок валків чесальних машин зі схрещеними осями інструмента та деталі / В. І. Кальченко, В. В. Кальченко, А. В. Кологойда // Вісник Сумського державного університету. Науковий журнал. – 2010. – № 4. – С. 55–60.
3. Кальченко В. І. Визначення сил різання при заточці голчастої поверхні барабанів текстильних машин зі схрещеними осями інструмента і деталі / В. І. Кальченко, В. В. Кальченко, А. В. Кологойда // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Серія «Технічні науки». – 2011. – № 2 (49). – С. 84–88.
4. Филимонов Л. Н. Высокоскоростное шлифование / Л. Н. Филимонов. – Л. : Машиностроение, ленинградское отделение, 1979. – 248 с.
5. Кологойда А. В. Підвищення якості заточки голчастої поверхні валиків текстильних машин зі схрещеними осями інструмента та деталі / А. В. Кологойда // Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС-2014) : IV Міжнародна науково-практична конференція (19–21 травня, Чернігів, Україна). – Чернігів : ЧНТУ, 2014. – С. 132–139.

#### References

1. Grabchenko, A.I., Kalchenko, V.I., Kalchenko, V.V. (2009). Shlifovanie so skreshchivaiushchimisia osiami instrumenta i detali [Grinding with crossed axes tool and workpiece]. Chernigov: CHGTU (in Russian).

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

2. Kalchenko, V.I., Kalchenko, V.V., Kolohoida, A.V. (2010). Osoblyvosti protsesu zatochky holok valkiv chesalnykh mashyn zi skhreshchenymy osiamy instrumenta ta detail [Features of the process grinding needles roll carding machine with crossed axes tool and details]. *Visnyk Sumskoho derzhavnogo universytetu – Visnyk of Sumu State University*, no. 4, p.p. 55–60 (in Ukrainain).

3. Kalchenko, V.I., Kalchenko, V.V., Kolohoida, A.V. (2011) Vyznachennia syl rizannia pry zatochtsi holchastoi poverkhni barabani tekstylnykh mashyn zi skhreshchenymy osiamy instrumenta i detail [Determination cutting forces during the grinding at the surface of the drum needle textile machinery with crossed axes tool and details]. *Visnyk Chernihivskoho derzhavnogo tekhnolohichnoho universytetu – Visnyk of Chernihiv State University of Technology*, no. 2 (49), p.p. 84–88 (in Ukrainain).

4. Filimonov, L.N. (1979). *Vysokoskorostnoe shlifovanie [High-speed grinding]*. Leningrad: Mashinostroenie, leningradskoe otdelenie (in Russian).

5. Kolohoida, A.V. (2014) Pidvyshchennia yakosti zatochky holchastoi poverkhni valykyv tekstylnykh mashyn zi skhreshchenymy osiamy instrumenta ta detail [Improving the quality of surface grinding needle rollers of machines with crossed axes tool and parts]. *Kompleksne zabezpechennia yakosti tekhnolohichnykh protsesiv ta system (KZlATPS-2014). Chetverta mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia – [Comprehensive quality assurance processes and systems (KZYATPS 2014). The Fourth International Scientific Conference]* (Chernihiv, May 19-21). Chernihiv: ChNTU, pp. 132–139 (in Ukrainain).

**Кологойда Антоніна Вікторівна** – старший викладач кафедри автомобільного транспорту та галузевого машинобудування, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Кологойда Антонина Викторовна** – старший преподаватель кафедры автомобильного транспорта и отраслевого машиностроения, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

**Kolohoida Antonina** – Senior Lecturer of Road Transport Industry and Mechanical Engineering, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027, Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** kolohoida@gmail.com

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

**ResearcherID:** I-1118-2014