

Ю.А. ЛУК'ЯНЧУК, В.Ю. ДЕНИСЮК, В.Т. МИХАЛЕВИЧ
Луцький національний технічний університет

ЗАСТОСУВАННЯ ПЕРЕРИВЧАСТИХ ШЛІФУВАЛЬНИХ КРУГІВ НА ОПЕРАЦІЯХ БЕЗЦЕНТРОВОГО ШЛІФУВАННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ РОЛИКІВ ПІДШИПНИКІВ

Розроблено методику вибору геометричних параметрів переривчастих кругів і режимів шліфування зовнішніх круглих поверхонь з метою забезпечення необхідної якості шліфованих деталей та продуктивності процесу шліфування. Це дозволило уникнути дефектів, пов'язаних з припалюваннями шліфованих поверхонь роликів та підвищити продуктивність шліфування і якість оброблених деталей. Визначено, що показники мікро- та макрогеометрії робочих поверхонь роликів на безцентрово-шліфувальних операціях, за умов шліфування переривчастими кругами, суттєво покращились порівняно з обробленням суцільними кругами.

Ключові слова: ролик, шліфування, переривчастий круг, поверхня, макрогеометрія.

Y.A. LUKYANCHUK, V.Y. DENYSIUK, V.T. MYKHALEVYTCH
Lutsk National Technical University

APPLICATION INTERMITTENT GRINDING WHEEL IN OPERATIONS CENTRELESS GRINDING THE WORK SURFACES ROLLERS OF BEARINGS

Abstract - The goal is to improve the efficiency of grinding operations and stabilize the quality parameters rollers of bearings through the introduction of high-performance technology intermittent defect-free centreless grinding.

The method of selecting geometric parameters and discontinuous modes of round circles intermittent grinding to achieve the required quality polished performance parts and polishing process. It is possible to avoid the defects associated with burnt polished surfaces of the rollers and increase productivity and quality grinding machined parts. The dependence of the temperature in the grinding zone modes of the cutting process, characteristics, shape and geometrical parameters of the working surface of the wheel. On the basis of experimental studies proved that the best conditions because of the grinding process calorific intensity and dynamic characteristics of the grinding wheel were observed under conditions where the number of grooves ranging from 8 to 12, the optimal angle of inclination of helical grooves $\beta=45^\circ$, for a disc diameter of 500 mm, groove width should not exceed 1/3 of the roller and the workpiece be 8-12 mm.

It was determined that the performance of micro-and makro-geometry working surfaces of rollers on centreless grinding operations, provided intermittent grinding circles significantly improved compared to treating solid circles.

Keywords: roller, grinding, intermittent circle, surface, microgeometry.

Постановка проблеми. Результати статистичного аналізу на підприємстві з виготовлення підшипників кочення (ПАТ «СКФ Україна», Луцький підшипниковий завод) показали, що шліфувальні операції, що виконуються на безцентрово-шліфувальних автоматах в технологічному циклі оброблення поверхонь обертання роликів-підшипників супроводжуються значною кількістю бракованих деталей внаслідок похибок форми та припалювань поверхонь, що обробляються. Припалювання погіршують якість поверхонь, оскільки призводять до зниження твердості поверхневого шару, а також до появи тріщин та викришування металу, що різко зменшує ресурс роботи підшипникового вузла в цілому.

Мікро- та макрогеометричні параметри робочих поверхонь роликів формуються на шліфувальних операціях, число яких складає: три операції до термічного оброблення і сім операцій після загартування. 80% з загального числа шліфувальних операцій оброблення роликів займають безцентрово-шліфувальні операції попереднього та викінчувального шліфування поверхонь обертання. Від рівня технологічності цих операцій у великій мірі залежить якість виробів та їх експлуатаційні показники. Традиційні підходи до виконання безцентрово-шліфувальних операцій в багатьох випадках не забезпечують потрібних показників якості шліфованих поверхонь роликів та ефективності технологічних операцій [1, 2, 3]. Безцентрове шліфування суцільними абразивними кругами супроводжується виникненням температурних дефектів (припалювань) на шліфованих поверхнях, невідповідністю параметрів шорсткості та хвилястості поверхонь обертання внаслідок складних умов стружко- та тепловідведення із зони шліфування.

Аналіз останніх досліджень чи публікацій. Технологічному процесу шліфування поверхонь роликів-підшипників присвячені праці [4, 5], де займалися проблемами підвищення продуктивності та забезпечення якості роликів підшипників на операціях безцентрово-шліфування. Але є нерозв'язаною проблема стабілізації теплового потоку та теплонапруженості поверхневого шару оброблюваних поверхонь внаслідок безперервності процесу шліфування.

Аналіз виробничих дефектів [1] показав, що причинами виникнення похибок форми під час безцентрово-шліфування роликів є вібрації елементів технологічної системи ВПД, що виникають під час шліфування. Попередні дослідження [6, 7, 8] показали, що рівень вібрації і шуму роликів-підшипників знижується з покращенням (до певної межі) шорсткості.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Зниження температури в зоні різання та забезпечення необхідних параметрів шорсткості роликів залишається на сьогоднішній день актуальною проблемою, яка може бути вирішена на основі комплексного підходу до дослідження й моделювання зв'язків технологічних чинників формоутворення з показниками якості поверхонь на формоутворюючих операціях чорнового та напівчистового шліфування. Це дало змогу окреслити основний

напряму дослідження, що спрямований на вдосконалення технології механічного оброблення роликів для досягнення необхідних параметрів якості поверхонь кочення.

Формування цілей досліджень. Метою роботи є підвищення ефективності шліфувальних операцій та стабілізації параметрів якості роликів підшипників на операціях безцентрового абразивного оброблення за рахунок створення науково-практичних рекомендацій для удосконалення технологічного процесу, впровадження технології високопродуктивного бездефектного переривчастого безцентрового шліфування в умовах серійного переналагоджувального підшипникового виробництва.

Виклад основного матеріалу. Забезпечення стабілізації теплового потоку на операціях безцентрового шліфування поверхонь обертання роликів підшипників та зниження контактних температур є основною задачею під час оброблення.

Абразивне оброблення поверхонь обертання роликів підшипників забезпечується шліфувальними кругами круглого профілю з робочими поверхнями. Шліфування поверхонь такими кругами ускладнює підвід змащувально-охолоджуючої рідини (ЗОР) в зону оброблення, оскільки уся поверхня ролика знаходиться в безперервному контакті з робочою поверхнею шліфувального круга, що часто призводить до появи припалювань таких поверхонь. Окрім того, під час шліфування кругом зростає дуга контакту зерен, ускладнюється відведення стружки із зони різання. Стружка вдавлюється в пори круга, закріплюється в них, що спричиняє інтенсивне замащування круга та призводить до зростання контактних температур (1000–1200°C) в зоні шліфування, зміні фізико-механічних та погіршенні експлуатаційних властивостей поверхневих шарів.

Застосування переривчастих шліфувальних кругів в технологічному циклі оброблення роликів підшипників є високопродуктивним методом оброблення. Це пояснюється тим, що такі шліфувальні круги можуть працювати при підвищених швидкостях, що дає змогу зменшити силу різання, яка припадає на одиничне зерно абразиву та підвищити зносостійкість такого шліфувального круга, зменшити теплонапруженість процесу різання та уникнути появи припалювань поверхонь, що обробляються, забезпечити задані параметри мікрогеометрії, значно зменшити використання змащувально-охолоджуючої рідини.

Температуру в зоні шліфування можна знизити, якщо шліфування проводити з певними розривами, причому тривалість різання між цими розривами зробити менше часу теплового насичення металу і за час розриву частково охолодити поверхню. Такий процес можна здійснити кругами, які мають на робочій поверхні ряд виступів, що чергуються і впадин певної довжини.

Переривчасті шліфувальні круги характеризуються рядом геометричних та конструктивних параметрів, від величини значень яких буде залежати теплонапруженість процесу різання. До основних геометричних параметрів переривчастого круга можна віднести: кількість пазів, довжина ріжучого виступу та впадини. Конструктивні параметри визначаються формою впадин між ріжучими частинами, наявністю демпфуючих елементів тощо.

Проведемо розрахунок переривчастого шліфувального круга для шліфування поверхні кочення ролика підшипника при режимах: швидкість різання – $v_{кр} = 35$ м/с; глибина різання – $t = 0,02$ мм; коефіцієнт теплопровідності, що характеризує швидкість зміни температури $a = 0,0625$ см²/с. Оброблювана деталь: ролик роликів підшипника, матеріал – сталь ШХ15. Абразивний інструмент: шліфувальний круг 14А8ПСМ7В (500-305-305).

Розміри ріжучого виступу l_1 та довжини впадини l_2 шліфувального круга необхідно підібрати в залежності від необхідного рівня зниження температури в зоні контакту. Як показала практика використання переривчастих шліфувальних кругів на заводах, довжина ріжучого виступу повинна бути більшою за довжину впадини. Рекомендоване значення відношення $v = l_2/l_1 = (0,6 \dots 1)$. Крім цього рекомендується вибирати парне число пазів.

Перш за все необхідно визначити відносну напівширину H джерела. Для цього необхідно знати розмірну напівширину h зони контакту, яка для ролика довжиною $l = 27$ мм становить 13,5 мм.

Тоді:

$$H = \frac{v_{кр} h}{2a} = \frac{35 \cdot 0,135}{2 \cdot 0,0625} = \frac{4,725}{0,125} = 37,8 \text{ мм.} \quad (1)$$

За графіком знаходимо значення комплексу $\frac{v\sqrt{t}}{2\sqrt{a}}$, яке відповідає $H=37,8$ і 30% зниженню максимальної температури. Як видно з графіка (рис. 1) $\frac{v\sqrt{t}}{2\sqrt{a}} = 2,7$.

З умови: $\frac{v^2 t}{4a} = 7,3$ знаходимо час, для досягнення вказаної температури

$$t = \frac{14,44 \cdot 4 \cdot a}{v^2} = \frac{7,3 \cdot 4 \cdot 0,0625}{4489} = 4,1 \cdot 10^{-3} \text{ с.} \quad (2)$$

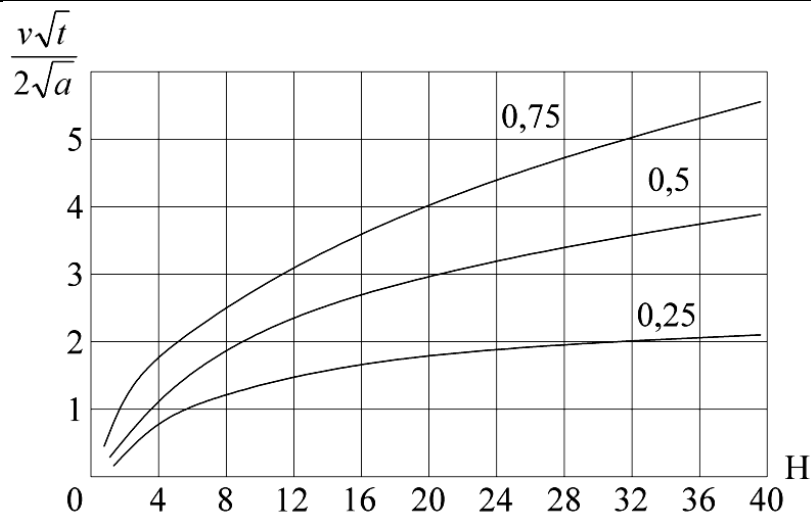


Рис. 1. Графік залежності комплексу $\frac{v\sqrt{t}}{2\sqrt{a}}$ від напівширини теплового джерела, Н

Знаходимо відповідну довжину ріжучого виступу та впадини:

$$l_1 = v_{кр} \cdot t = 45000 \cdot 4,1 \cdot 10^{-3} = 186 \text{ мм.} \tag{3}$$

$$l_2 = v l_1 = 0,067 \cdot 186 = 10 \text{ мм.} \tag{4}$$

Розрахунок числа пазів проводимо за наступною залежністю:

$$n = \frac{\pi D_{кр}}{l_1 + l_2} = \frac{3,14 \cdot 500}{186 + 10} = 8. \tag{5}$$

Визначаємо час циклу нагрів-охолодження:

$$t_{H-o} = \frac{l_1 + l_2}{v_{кр}} = \frac{(186 + 10) \cdot 10^{-3}}{35} = 0,0056 \text{ с.} \tag{6}$$

Визначаємо час контакту (нагріву):

$$t_H = \frac{l_2}{v_{кр}} = \frac{10 \cdot 10^{-3}}{35} = 0,00028 \text{ с.} \tag{7}$$

Визначаємо кут нахилу канавок шліфувального круга:

$$\text{tg} \beta = \frac{(l_1 + l_2) \cdot z}{\pi \cdot D_{кр}} = \frac{(186 + 10) \cdot 8}{3,14 \cdot 500} \approx 1, \beta = 45^\circ. \tag{8}$$

Розрахований шліфувальний круг з переривчастою робочою поверхнею показано на рис. 2.

Шліфувальні круги з переривчастою ріжучою поверхнею можна розділити на переривчасті, композиційні та комбіновані. Робоча поверхня переривчастих шліфувальних кругів, розроблених в роботі [6], виконана у вигляді ріжучих виступів і впадин, що чергуються. У композиційних шліфувальних кругах впадини на робочій поверхні круга заповнені твердим мастилом. Комбіновані шліфувальні круги, являють собою поєднання переривчастих і композиційних кругів. У змащувально-охолоджуючих елементах (ЗОЕ) цих кругів перед ріжучими виступами виконані впадини. Змащувально-охолоджуючі елементи композиційних і комбінованих кругів найчастіше виготовляються з графіту марок ГЛ-І, ГЛ-Н або суміші графіту і дисульфиду молібдену (MoS2). В якості зв'язки в обох випадках використовуються фенол формальдегідні смоли. Дослідженнями встановлено, що найбільшу міцність (5,5-6 МПа) мають ЗОЕ, що складаються з 75% графіту і 25% зв'язуючого матеріалу або 70% графіту, 10% MoS2 і 20% зв'язки та отримані пресуванням при тиску 150 МПа.

Шліфувальні круги з переривчастою ріжучою поверхнею поділяються на суцільні – з нероз'ємними з'єднаннями його частин і збірні – з роз'ємними з'єднаннями.

Наявність вирізів на шліфувальному крузі, утворених під кутом β до осі його обертання сприяють подачі в зону різання потоку повітря під підвищеним тиском. Потужний струмінь повітря видуває стружку із зони різання, пришвидшує процес її окислення та згорання. Окислена стружка стає ламкою, набуває округлену форму, не налипає на поверхню зерен і не проникає в пори круга. Переривчасті шліфувальні круги з похилими ріжучими виступами забезпечують прокачування ЗОР і повітря через прорізи, що дозволяє зменшити теплонапруженість процесу різання. Шліфувальні переривчасті круги можливо

виготовляти і з прямими ріжучими виступами в такому випадку для видалення стружки через шпindel верстата в зону різання подається ЗОР під тиском, яка під дією відцентрової сили разом зі стружкою потрапляє в очисні резервуари.

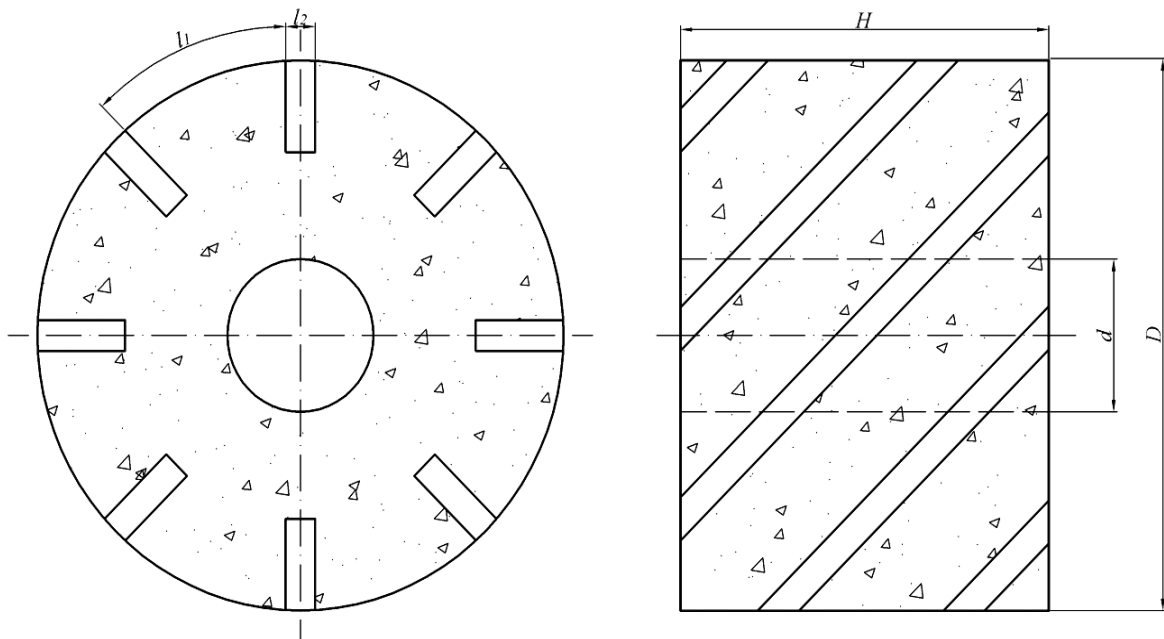


Рис. 2. Переривчастий шліфувальний круг

Висновки. Важливими параметрами переривчастого круга, що найбільше впливають на мікрогеометричні параметри шліфованої поверхні та теплонапруженість процесу шліфування, є кут нахилу гвинтових канавок до торцевої поверхні круга β , число гвинтових канавок, ширина канавок. На підставі проведених експериментальних досліджень встановлено, що найкращі умови шліфування з огляду на теплонапруженість процесу та динамічні характеристики шліфувального круга спостерігалися за умови, що число канавок рівне 8–12 для діаметра круга 500 мм, ширина канавки не повинна перевищувати $1/3$ довжини заготовки ролика і рівна 8–12 мм. Встановлено, що оптимальне значення кута нахилу гвинтових канавок $\beta=45^\circ$. Таке розміщення канавок шліфувального круга забезпечує переривчастість процесу шліфування в осьовому напрямку (напрямок подачі) і в напрямку різання по дотичній до поверхні, яка шліфується. Важливим конструктивно-технологічним чинником процесу шліфування є співвідношення напрямку обертання круга та напрямку нахилу гвинтової канавки круга. Напрямок обертання і напрям нахилу канавки повинні співпадати. Ця умова забезпечує краще переміщення роликів в напрямку повздовжньої подачі під час шліфування.

Виявлено, що причинами виникнення температурних дефектів, тріщин на шліфованих поверхнях під час безцентрового абразивного оброблення, є високі температури в зоні різання (1000–1800°C). За рахунок впровадження в технологічний процес виготовлення конічних роликів переривчастого шліфування, зменшено температуру в зоні різання на 30%.

Визначено, що показники мікро- та макрогеометрії поверхонь обертання роликів на безцентрово-шліфувальних операціях за умов шліфування переривчастими кругами в 1,8-2 рази покращились, ніж під час використання суцільних кругів. Для технологічного забезпечення й стабілізації геометричних показників якості роликів роликотримачів було використано переривчастий шліфувальний круг з числом канавок $z=8$, ширина канавки вибиралась, як $1/3$ довжини ролика.

Література

1. Сипайлов В.А. Тепловые процессы при шлифовании и управление качеством поверхности / Сипайлов В.А. – М. : Машиностроение, 1978. – 167с.
2. Рыжов Э.В. Технологическое обеспечение качества деталей с покрытиями / Рыжов Э.В., Клименко С.А., Гуцаленко О.Г. – К. : Наук. думка, 1994. – 181 с.
3. Маталин А.А. Точность механической обработки и проектирование технологических процессов / Маталин А.А. – Л. : Машиностроение, 1970. – 318 с.
4. Якимов А.В. Оптимизация процесса шлифования / Якимов А.В. – М. : Машиностроение, 1975. – 172 с.
5. Якимов А.В. Абразивно-алмазная обработка фасонных поверхностей / Якимов А.В. – М. : Машиностроение, 1984. – 312 с.
6. Новоселов Ю.К. Динамика формообразования поверхностей при абразивной обработке /

Новоселов Ю.К. – Саратов : – из-во Саратовского университета, 1979. – 232 с.

7. Якимов А.А. Основы теории обеспечения и стабилизации качества поверхностного слоя при прерывистом шлифовании зубчатых колес / Якимов А.А. – Одесса : ОГПУ, 1997. – 212 с.

8. Марчук В.І. Вплив режимів механічного оброблення на фізико-механічний стан поверхонь обертання роликкопідшипників / Марчук В.І., Лук'яничук Ю.А., Марчук І.В., Мережа В.В. // Вісник національного університету «Львівська політехніка». Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль у машинобудуванні та приладобудуванні. Львів 2011. – №713. – С. 179–181.

References

1. Sypailov V.A. Teplovye processy pri shlifovanii i upravlenii kachestvom poverhnosti. – M.: Mashinostroenie, 1978. – 167s.
2. Ryjov E.D., Klymenko S.A., Gytsalenko O.G. Tehnologicheskoe obespechenie kachestva detaley s pokrytiyamy. – Kiev: Nayk.dymka, 1994. – 181s.
3. Matalin A.A. Tochnost mehanicheskoy obrabotki i proektirovanie tehnologicheskikh processov. – L.: Mashinostroenie, 1970. – 318s.
4. Yakimov A.V. Optimizaciya processa shlifovaniya. – M.: Mashinostroenie, 1975. – 172s.
5. Yakimov A.V. Abrzivno-almaznaya obrebotka fassonnykh poverhnostey. – M.: Mashinostroenie, 1984. – 312s.
6. Novosyolov Y.K. Dinamika formoobrazovaniya poverhnostey pri abrazivnoy obrabotke. – Saratov: - iz-vo Saratovskogo yniversiteta, 1979, - 232s.
7. Yakimov A.A. Osnovy teorii obespecheniya i stabilizacii kachestva poverhnostnogo sloya pri preryvistom shlifovanii zybchastyh kolyos. – Odessa: OGPU, 1997. – 212s.
8. Marchuk V.I., Lukyanchuk Y.A., Marchuk I.V., Meresha V.V. Vplyv rejymiv mehanichnogo obroblenya na fizyko-mehanichnyy stan poverhon obertanya rolykopydshipnykiv. Visnyk natsionalnogo universytetu "Lvivska politehnika". Optymizaciya vyrobnychyh processiv i tehnicnyy control y mashynobydyvanni ta prylyadobydyvani. №713. Lviv 2011. – s. 179-181.

Рецензія/Peer review: 26.02.2014 р. Надрукована/Printed: 7.4.2014 р.

Рецензент: Марчук В.І., д.т.н., професор, завідувач кафедри приладобудування Луцького НТУ

УДК 621.01

С.О. КОШЕЛЬ, Г.В. КОШЕЛЬ

Київський національний університет технологій та дизайну

АНАЛІЗ СКЛАДНОГО ДВОКРИВОШИПНОГО ШЕСТИЛАНКОВОГО МЕХАНІЗМУ ОСНОВОВ'ЯЗАЛЬНОЇ МАШИНИ

Зроблено структурний аналіз складного шестиланкового механізму основов'язальної машини ФНФ (Англія) з ступенем вільності $W=2$ та двома ведучими кривошипями, який відноситься до складного механізму третього класу третього порядку, за допомогою метода умовної зупинки ведучої ланки. При такому дослідженні була застосована властивість механізмів вищих класів змінювати (зменшувати) свій клас за рахунок умовної зміни ведучої ланки механізму. Отримані результати дозволяють значно спростити кінематичне дослідження механізму вищого класу та підвищити їх точність.

Ключові слова: група Асура, механізм, ступінь вільності, структурний аналіз.

S. KOSHEL, A. KOSHEL

Kyiv national university of technologies and design

ANALYSIS OF COMPLEX MECHANISM WITH SIX LINKS OF THE TWO CRANKS WARP KNITTING MACHINES

Abstract – purpose is the structural analysis of the warp knitting machine FNF (England) with two driving cranks considering the properties of the mechanism of higher class to change their class by conditional changes leading link mechanism.

Structural analysis of the degree of freedom of $W = 2$ is made using the method of conditional stop driving level that allows us to determine the influence of a driving link of remaining floating on the formula structure mechanism that allows you to set the following sequence (kinematic , force and etc.) research. Given the presence of structural groups Assyrians third class A structural analysis of the mechanism performed in sequence, which is due to other possible initial mechanism. These formulas structures suggest a mechanism of simplification that can be obtained by further studies of the mechanism in the following way.

Made a structural analysis of the warp knitting machine, which is a mechanism for third-class third-order two driving cranks using conventional methods of stopping one of the leading branches and conditional change in the original mechanism.

Keywords: Asura group, mechanism, the degree of freedom structural analysis.

Вступ

Для удосконалення існуючого технологічного обладнання легкої промисловості та проектування нових надійних та продуктивних машин виникає необхідність проведення структурно-кінематичного аналізу механізмів, що надходять до їх складу. Предметом такого аналізу є основні структурні та кінематичні параметри механізмів: ступінь їх вільності, структурні групи, з яких вони складаються, та послідовність їх з'єднання в механізмах, кутові швидкості та прискорення ланок механізму, лінійні швидкості та прискорення окремих їх точок, закони руху ланок, особливо тих, які задають рух робочим органам технологічного обладнання, тощо.

Виконання технологічного процесу вимагає від обладнання забезпечення руху робочих органів з