

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Конструкторсько-технологічне забезпечення підвищення якісних характеристик приводних роликів ланцюгів.

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи МВм-61

спеціальності 133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва спеціальності)

		Галета А.М.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Керівник		Сеник А.А.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Нормоконтроль		Кобельник В.Р.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри		Крупа В.В.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Рецензент		
	(підпис)	(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ФакультетІнженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

КафедраКонструювання верстатів, інструментів та машин

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Крупа В.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

2024 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступенямагістр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва спеціальності)

студентуГалета Андрій Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботиКонструкторсько-технологічне забезпечення підвищення якісних характеристик приводних роликів ланцюгів.

Керівник роботиСеник Андрій Антонович к.т.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «8» 11 2024 року № 4/7-1066

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20.12.2024

3. Вихідні дані до роботи Існуючі теоретичні і експериментальні результати досліджень технологічних і конструктивних методів та пристроїв для орієнтації втулки. Робочі креслення ПРВЛ. Існуючі пристрої для орієнтації втулки.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Огляд та аналіз прогресивних технологічних процесів виготовлення згортних втулок ПРВЛ.

2. Дослідження впливу способу формування згортних втулок та прикладеного зусилля для формування згортних втулок.

3. Конструкторсько-технологічна реалізація технології формування згортних втулок.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	к.т.н., ст. викл. Сенік А.А.		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	к.т.н., ст. викл. Клепчик В.М.		
Нормоконтроль	к.т.н., доц. Кобельник В.Р.		

7. Дата видачі завдання 8.11.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Визначення завдання на КРМ.		
	Огляд та аналіз стану проблеми.	Тиждень 1	
2.	Дослідження прогресивних технологічних процесів виготовлення згортних втулок.	Тиждень 2	
3.	Дослідження та оцінка точності товщини стінок згортних втулок.	Тиждень 3	
4.	Дослідження загального зусилля, прикладеного до пуансона при послідовному деформуванні у транспортному каналі.	Тиждень 4	
5.	Дослідження конструкції згортної втулки для ПРВЛ з комбінованою формою стикового шва.	Тиждень 5	
	Дослідження спорядження для формування згортних втулок підвищеної точності форми.		
6.	Виконання графічної частини.	Тиждень 6	
	Захист кваліфікаційної роботи.		

Студент

(підпис)

Галета А. М.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Сенік А.А.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Галета Андрій Миколайович. Кваліфікаційна робота на тему: «Конструкторсько-технологічне забезпечення підвищення характеристик приводних роликів ланцюгів» 133 – Галузеве машинобудування; Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя; м. Тернопіль, 2024 р.

Робота присвячена підвищенню точності форми внутрішньої циліндричної поверхні згортних втулок шляхом розробки нових конструкцій згортних втулок, вдосконалення технологічних процесів їх формування та оптимізації параметрів технологічного оснащення.

Запропоновано нову конструкцію заготовки згортної втулки у вигляді плоскої прямокутної пластини з частково-циліндричною оболонкою на одному з кінців, що забезпечує зменшення відхилень від круглості внутрішньої циліндричної поверхні після формування. Розроблено комбіновану форму стикового шва згортної втулки для ПРВЛ, яка знижує нерівномірність контактного тиску на поверхні валика та підвищує точність і зносостійкість втулок. Впровадження нової конструкції заготовки та технології формування згортних втулок дозволяє зменшити відхилення від круглості внутрішньої циліндричної поверхні, що безпосередньо підвищує зносостійкість втулок та довговічність приводних роликів і втулкових ланцюгів (ПРВЛ). Оптимізація процесу формування втулок знижує навантаження на технологічне оснащення (пуансони та матриці), що подовжує термін їх експлуатації, зменшує частоту заміни і, відповідно, скорочує витрати на ремонт та обслуговування.

Основні положення виконаної роботи доповідались і обговорювались на науково-технічних семінарах кафедри конструювання верстатів, інструментів та машин і висвітлені у тезах доповіді XIII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (11-12 грудня 2024 р.). – Тернопіль: ТНТУ, 2024. – С. 90.

A N O T A T I O N

Galeta Andriy Mykolayovych. Qualification work on the topic: " Design and technological measures to improve the quality characteristics of drive roller chains" 133 – Branch mechanical engineering; Ivan Pulyuy Ternopil National Technical University; Ternopil, 2024.

The work is devoted to increasing the accuracy of the shape of the inner cylindrical surface of rolling bushings by developing new designs of rolling bushings, improving the technological processes of their formation and optimizing the parameters of technological equipment.

A new design of a rolling bushing blank in the form of a flat rectangular plate with a partially cylindrical shell at one end is proposed, which ensures a reduction in deviations from the roundness of the inner cylindrical surface after formation. A combined form of the butt weld of a rolling bushing for PRVL has been developed, which reduces the unevenness of the contact pressure on the roller surface and increases the accuracy and wear resistance of the bushings. The introduction of a new design of the workpiece and the technology for forming rolling bushings allows you to reduce the deviation from the roundness of the inner cylindrical surface, which directly increases the wear resistance of the bushings and the durability of the drive roller and bushing chains (PRVL). Optimization of the bushing forming process reduces the load on the technological equipment (punches and dies), which extends their service life, reduces the frequency of replacement and, accordingly, reduces the costs of repair and maintenance. The main provisions of the work performed were reported and discussed at scientific and technical seminars of the Department of Design of Machine Tools, Tools and Machines and were highlighted in the abstracts of the report of the XIII International Scientific and Technical Conference of Young Scientists and Students "Actual Problems of Modern Technologies" (December 11-12, 2024). – Ternopil: TNTU, 2024. – P. 90.

З М І С Т

ВСТУП	
1 ОГЛЯД І АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗГОРТНИХ ВТУЛОК. ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ ТА МЕТА ДОСЛІДЖЕНЬ	
1.1 Показники якості та критерії працездатності приводних роликів і втулкових ланцюгів	
1.2 Огляд і аналіз прогресивних технологічних процесів виготовлення згортних втулок методом періодичного деформування ...	
1.3 Огляд і аналіз пристрою для формування згортних втулок методом послідовного деформування	
1.4 Висновки. Завдання і об'єкти досліджень	
2 ДОСЛІДНО-ПРОЕКТНИЙ РОЗДІЛ	
2.1 Статистична оцінка точності товщини стінок згортних втулок ПРВЛ	
2.2 Теоретичне дослідження загального зусилля, прикладеного до пуансона при послідовному деформуванні у транспортному каналі	
2.3 Теоретико- статистичне дослідження приведеної сили тертя і величини відпружинення при переміщенні прямокутної карточки у транспортному каналі з постійним радіусом r	
3. НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ	
3.1 Заготовка для згортних втулок підвищеної точності форми.....	
3.2 Конструкція згортної втулки для ПРВЛ з комбінованою формою стикового шва	
3.3. Технологічне спорядження для формування згортних втулок підвищеної точності форми	

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	
4.1. ОХОРОНА ПРАЦІ	
4.1.1. Типова інструкція для обслуговуючого персоналу на випадок виникнення аварії, пожежі	
4.2. БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	
4.2.1. Оцінка стійкості роботи промислового підприємства до впливу вражаючих факторів	
4.2.2. Оцінка стійкості роботи об'єкта до впливу ударної хвилі	
4.2.3. Оцінка стійкості об'єкта до впливу вторинних вражаючих факторів	
Основні результати та висновки	
Перелік посилань	
Додатки	

ВСТУП

Розвиток науково-технічного прогресу в середині XX століття призвів до науково-технічної революції, яка докорінно змінила характер і суть промислового виробництва.

Виникло і прогресує, так зване, масове виробництво, яке характеризується великою кількістю виробів, використанням автоматизованого обладнання, спеціальними технологічними процесами, які передбачають не тільки автоматизоване виготовлення деталей, але й автоматизоване складання виробів.

Характерною продукцією, яка виготовляється за ознаками масового виробництва, в цьому плані є приводні роликові і втулкові ланцюги. Вони широко використовуються в різних галузях: сільськогосподарському машинобудуванні, у вертольотобудуванні, в дорожніх і навантажувальних машинах, поліграфії тощо. Для народногосподарського комплексу України річна потреба у всіх типорозмірах приводних ланцюгів складає близько 40 млн. погонних метрів. Основною деталлю цих ланцюгів є згортна втулка, від якісних показників внутрішньої циліндричної поверхні якої суттєво залежить такий важливий показник якості приводних ланцюгів як їх зносостійкість. Дослідження точності внутрішньої циліндричної поверхні згортних втулок, які виготовлялись за різними технологічними процесами показали, що в зоні, яка розміщена протилежно до згортного шва, знаходиться область з майже ідеальною точністю і циліндричністю.

Якщо б при автоматизованому складанні внутрішньої ланки приводного ланцюга забезпечити таке кругове положення згортної втулки, щоб згортний шов завжди був обернений до середини внутрішньої ланки, тобто зорієнтувати втулку, то при цьому буде виключений контакт зони згортного шва втулки з валиком. При цьому валик завжди буде

контактувати із втулкою в зоні, де найвища точність її внутрішньої циліндричної поверхні. Це, в свою чергу, призведе до більшої радіальної площі контакту пари втулка-валик, а значить до менших за величиною питомих тисків у контактній зоні і більшої зносостійкості шарнірів.

Орієнтація в техніці – це надання певній деталі певного положення у просторі відносно певних поверхонь іншої деталі, з якою здійснюється, наприклад, складання.

Вперше конструкцію приводного роликового і втулкового ланцюга винайшов знаменитий італійський вчений Леонардо да Вінчі. На даний час винайдена конструкція приводного роликового і втулкового ланцюга практично не змінилась. Приводний ланцюг складається із внутрішніх ланок, що являють собою своєрідну раму із двох внутрішніх пластин, в отвори яких запресовані дві втулки, а на втулки надіті ролики, та із зовнішніх ланок, що являють собою теж раму із двох зовнішніх пластин, в отвори яких запресовані і пропущені через втулки два валики.

В останні роки вченими Тернопільського державного технічного університету імені Івана Пулюя запатентовані дві конструкції відкрито-шарнірних приводних ланцюгів, які позбавлені недоліку ланцюгів І.І.Івашкова.

На даний час в Україні існують два виробництва приводних роликових і втулкових ланцюгів: у Краматорську – фірма «Промтехконструкція» і в Дніпропетровську – завод приводних ланцюгів.

Тому розробка конструкцій пристроїв для орієнтації згортних втулок, яка забезпечить значне підвищення зносостійкості шарнірів приводних ланцюгів, а тим самим і їх довговічність, що дасть значний економічний ефект (це рівносильно збільшенню випуску приводних ланцюгів на 20-40%) є актуальним завданням.

ОГЛЯД І АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗГОРТНИХ ВТУЛОК. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ТА МЕТА ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Показники якості та критерії працездатності приводних роликів і втулкових ланцюгів (ПРВЛ)

Якість продукції – це сукупність характеристик, які виконують її здатність відповідати конкретним потребам та виконувати своє призначення. Вона охоплює різні аспекти й параметри, які впливають на ефективність, корисність і придатність до використання продукту.

Для оцінки якості продукції використовують такі основні підходи:

Диференціальний підхід

- Полягає в порівнянні окремих характеристик продукції з аналогічними параметрами конкурентів або встановленими галузевими стандартами.

- Наприклад: аналіз розмірів, ваги, якості матеріалів чи продуктивності на шкоду з конкурсними зразками.

Інтегральний підхід

- Оцінює продукцію як цілесну систему, враховуючи взаємодію між її компонентами.

- Наприклад: загальна ефективність системи, включаючи матеріали, виробничі технології та функціональність.

Комплексний підхід

- По цьому елементи диференціального та інтегрального підходів для отримання повної оцінки якості.

- Наприклад: аналіз якісних і кількох параметрів, таких як надійність, довговічність, вартість та безвідмовність у використанні.

Застосування цих підходів дозволяє проводити всебічну оцінку якості продукції, що має важливе значення як для виробників, так і для споживачів. Результати такої оцінки сприяють вдосконаленню виробничих процесів, забезпечуючи конкурентоспроможність та задоволення потреб користувачів.

Показники якості машини – це параметри, які вимірюють її ефективність, продуктивність, надійність або інші характеристики. Вони залежать від призначення машини та її користувачів.

Щодо приводних роликів втулкових ланцюгів (ПРВЛ), показниками якості є нормативні параметри, встановлені технічними умовами та стандартами, наприклад, ДСТУ ГОСТ 13568:2006 (ISO 606:1994). Це включає:

- Фізико-механічні властивості деталей (твердість, міцність, хімічний склад).
- Міцність пресових з'єднань, точність кроків ланок, довжина відрізків, статична міцність, зносостійкість.

Додатково пропонуються показники, такі як експлуатаційна надійність, довговічність, втомлена міцність, кінематична точність, вага одиниці тривалості й вартості.

Дослідженням якості ПРВЛ, як вітчизняного, так і зарубіжного виробництва, присвячені роботи таких авторів, як професори Дубиняк С.А., Кривий П.Д., французький дослідник Кунтцман П., та німецький науковець Рахнер Г. Особливий акцент в їх роботах зроблено на вивченні окремі показники якості, характерні для різних виробників продукції.

У науковій праці [17] досліджувалися однорядні втулково-роликові ланцюги з кроком 25,4 мм, виготовлені на підприємстві ПРОМТЕХКОНСТРУКЦІЯ (м. Краматорськ), а також продукція іноземних компаній: «Renold» (Великобританія), «Viperman», «IBIS» і «Zimag»

(Німеччина), «Komair» (Австрія), FB-80(Швеція); "Cubuku" та "Isumu" (Японія)

Оцінка якості проводилась за чотирма критеріями:

- точністю виготовлення
- Шорсткість робочих поверхонь деталей
- Хімічний склад матеріалів
- металографічними даними

Результати дослідження показали:

- Ланцюги виробництва ПРОМТЕХКОНСТРУКЦІЯ показали високу ударостійкість роликів та значну зносостійкість. Однак їхня працездатність знижувалася через недостатню міцність пресових з'єднань.

- Інші ланцюги цього ж виробника, де міцність пресових з'єднань відповідала рівню найкращих світових зразків, поступалися закордонним аналогам за зносостійкістю. Це було спричинено недостатньою якістю термічної обробки деталей шарнірів і роликів.

Таким чином, хоча продукція ПРОМТЕХКОНСТРУКЦІЯ мала силу, таку як ударостійкість і зносостійкість окремих елементів, вона потребувала покращення у сфері термообробки та міцності пресових з'єднань для досягнення рівня закордону.

При оцінці якості зазначених ланцюгів слід враховувати, що відсутність даних про початковий стан геометрії шарнірів, а також ігнорування відхилень від круглості та циліндричності валиків і внутрішніх поверхонь втулки суттєво впливає на зносостійкість шарнірів.

У дослідженнях, на які посилаються, якість ланцюгів визначалася диференціальним методом. Відмінності у висновках щодо якості продукції, ймовірно, зумовлені тим, що автори використовували різні критерії оцінки, які не завжди враховували області застосування досліджуваних ланцюгів

Аналіз та узагальнення наявних результатів показують, що за низькими окремими параметрами (точність виготовлення деталей,

стабільність твердості третьових поверхонь, точність кроку ланок, зносостійкість) ланцюги українського, киргизького та латвійського виробництва дещо нижча, ніж якість провідних закордонних фірм.

Оцінка за кількома показниками проводиться після випробувань ланцюгів у рівних умовах, але без урахування відповідності їх призначенню та умовам експлуатації. Проте функціональне призначення приводних ланцюгів у разі необхідності залежить лише від умов використання, а й від основних технічних вимог. Ці вимоги мають забезпечити належну роботу ланцюгової передачі в тих самих умовах.

Таким чином, важливо досягти того, що набір одиничних показників, а також їх пріоритетність за оцінкою якості втулково-роликових змін ланцюгів мають залежно від їх функції.

Наприклад, досягнення високої точності такого показника як точність відрізка ланцюга, яка для провідних світових зразків становить 0,15% від вимірювальної довжини, може значно збільшити собівартість виробництва ланцюгів. Однак ця точність не завжди критично впливає на експлуатаційні характеристики всіх типів ланцюгових приводів.

Таким чином, для ланцюгових передач сільськогосподарських машин така точність може мати мінімальний вплив на функціонування обладнання. Водночас, для автоланцюгів або ланцюгів, що використовуються в графічному забезпеченні, цей параметр дійсно ключову роль і є одним із найважливіших.

Цей приклад підкреслює важливість диференційованого підходу до визначення оптимальності показників якості залежно від сфери застосування ланцюгів, що дозволяє оптимізувати виробничі витрати без втрати функції.

Однак чинний ДСТУ [1] та результати досліджень [2-8, 15-19, 22] передбачають єдиний перелік показників, за якими створюють оцінку як підхід, хоча і забезпечує стандартизовану методику цього оцінювання, не завжди враховує специфіку використання ланцюгів у різних галузях.

Уніфікація критеріїв дозволяє спростити якість контролю, але водночас можна призвести до перевитрату або недостатньої уваги до показників, які критично важливі для певних видів застосування.

Таким чином, існує потреба в гнучкішій системі оцінки, яка виробляє специфіку використання ланцюгів у різних сферах.

Такий підхід не підвищує якість приводних ланцюгів на етапі їхнього виробництва. Він не дозволяє виробникам зосередитися на окремих параметрах, які критично впливають на якість, або ж оптимізувати витрати шляхом зниження вимог до менш значущих показників.

Разом із тим, як у закордонній, так і у вітчизняній практиці кожна тенденція до такої диференціації. Наприклад, компанія «Vipregerman» спеціалізується на виробництві ланцюгів для сільськогосподарської техніки, тоді як «Renold» та «Cubaku» орієнтуються на ланцюги для поліграфічного обладнання, а автоланцюги призначені для газорозподільних механізмів.

Це необхідно для впровадження більшої гнучкої системи оцінки якості, яка дозволяла виробникам адаптувати параметри продукції відповідно до її функціонального призначення та специфіки експлуатації. Такий підхід не тільки підвищує конкурентоспроможність продукції, але й дозволяє ефективніше задовольняти потреби.

Різноманітність умов експлуатації, відмінності у вимогах і критеріях працездатності, що висувуються до приводних ланцюгів залежно від їх призначення, значно покращують розробку єдиної функціонально-структурної схеми формування та оцінки якості приводних ланцюгів.

У зв'язку з цими нами зроблено спробу виділити ключові ознаки та показники, які мають найбільший вплив на якість приводних ланцюгів, з урахуванням спеціальних умов експлуатації. Було також проаналізовано, якими геометричними та фізичними параметрами формується кожен із цих показників якості приводних ланцюгів.

На основі літературних джерел, що стосуються якості ланцюгів, а також теоретичних засад розмірних ланцюгів внутрішніх і зовнішніх ланок та принципів причинно-наслідкових зв'язків, нами розроблена функціонально-структурна схема формування якості приводних ланцюгів. Вона також враховує можливий вплив орієнтації втулок. (рис. 1.1).

З цього приводу, на основі літературних даних про якість ланцюгів, теоретичних положень щодо розмірних характеристик зовнішніх і внутрішніх ланок, а також принципів причинно-наслідкових зв'язків, була створена приводно-структурна схема, яка відображає процес формування якості ланцюгів. У схемі також враховано можливий вплив орієнтації втулок на відповідні показники якості. Даний підхід дозволяє глибше зрозуміти, що ця якість ланцюгів є основою для подальшого вдосконалення конструктивних рішень та виробничих процесів.

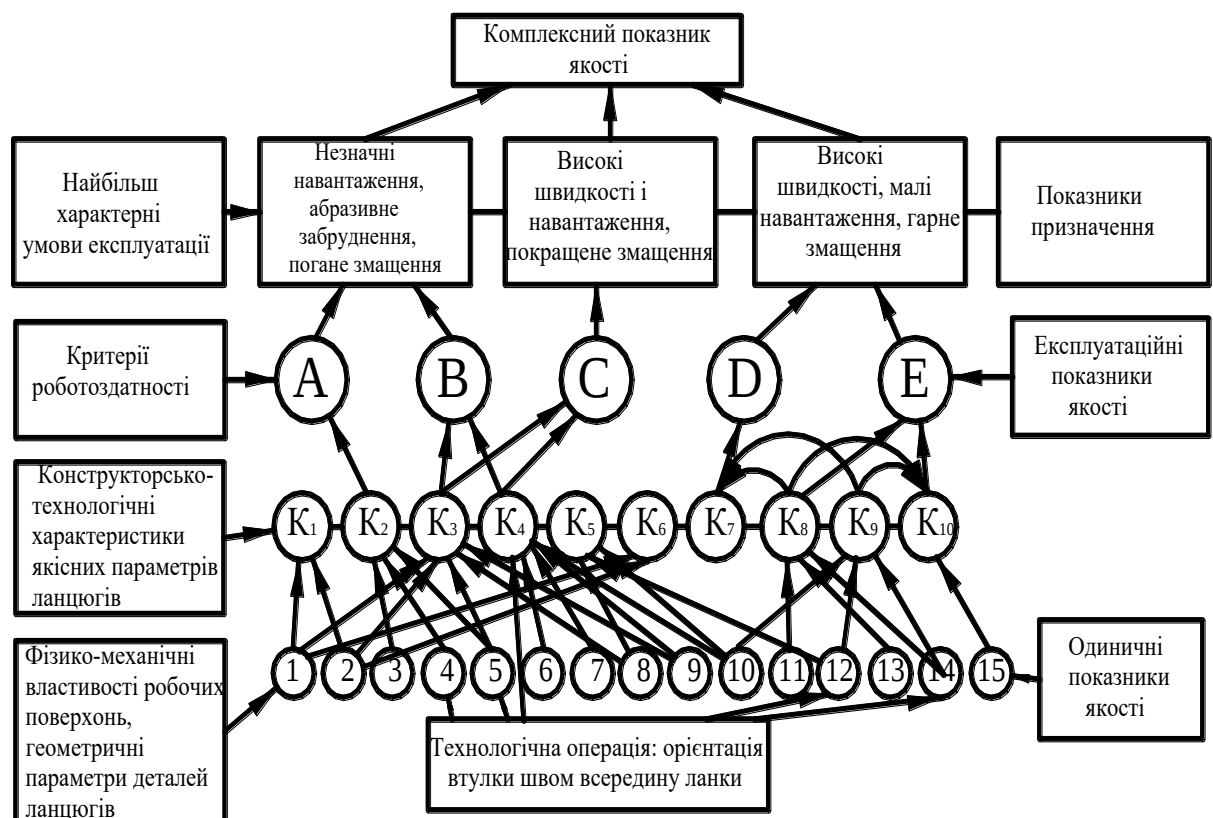


Рисунок 1.1 – Функціонально-структурна схема формування якості приводних ланцюгів та впливу орієнтації втулок на його показники

У наведеній схемі показники якості умовно позначені:

A - втрата зчеплення ланцюга із зірочкою;

B - руйнування, втрата міцності пресових з'єднань;

C - втомлювана міцність;

D - рівномірність зношування шарнірів;

E - кінематична точність;

K_1 - зносостійкість шарнірів; K_2 - точність форми поверхонь, що труться; K_3 і K_4 - статична міцність відповідно ланцюгів і пресових з'єднань, K_5 - значення зазору в шарнірі; K_6 - стабільність твердості; K_7 - різнорозмірність кроків $H_{H.6}$ і рядна різнорозмірність H_p ; K_8 і K_9 - точність контактних кроків зовнішніх та внутрішніх ланок відповідно; K_{10} - точність довжини відрізків ланцюга.

Фізико-механічні властивості робочих поверхонь та геометричні параметри деталей ланцюгів, що є початковими даними для формування показників якості, позначені таким чином:

1 і 2 - твердість і структурний склад робочих поверхонь валиків та втулок відповідно;

3 - відхилення від круглості валиків;

4 - відхилення від круглості внутрішньої поверхні втулок;

5 - відхилення твірної внутрішньої циліндричної поверхні втулок від прямолінійності;

6 - тип, форма, конструктивні розміри пластин, їх твердість і структурний склад матеріалу;

7 - точність зовнішніх діаметрів втулок;

8 - точність діаметрів валиків;

9, 10 - точність отворів відповідно зовнішніх та внутрішніх пластин;

11,12 - товщина стінок роликів і втулок, їх точність, відповідно;

13,15 - міжосьові відстані отворів зовнішніх та внутрішніх пластин, відповідно;

16 - величина радіальної деформації кінців втулок.

Аналіз функціонально-структурної схеми дозволяє встановити взаємозв'язки між окремими показниками якості, а також програми, які геометричні та фізико-механічні параметри впливають на формування кожного з них.

Наприклад, відповідно до результатів досліджень [27, 28], орієнтація втулки швом у середині ланки значно покращує такі показники, як зносостійкість шарнірів і міцність пресових з'єднань. Ціни покращення стають помітними після 600–1000 годин стендових випробувань

Підвищення якості ланцюгів при орієнтації втулки автори пояснюють усуненням контакту стикового шва втулки з валиком, що діє подібно до ріжучої кромки, яка прискорює зношування.

Таким чином, контроль за орієнтацією втулок у процесі виробництва може стати фактором підвищення експлуатаційних характеристик приводних ланцюгів, сприяючи збільшенню їхньої надійності.

1.2. Огляд і аналіз прогресивних технологічних процесів виготовлення згортних втулок методом періодичного деформування

Втулки, що застосовуються у дворядних ланцюгах з кроком 9,525 мм, знаходять своє застосування в приводах двигунів внутрішнього згоряння провідних автомобільних компаній та в системах управління польотом вертольотів. На малюнку 1.3 представлено креслення такої втулки, виготовленої заводом DITTON. У цьому випадку зображена так звана корсетна втулка, яка має кінцеві ділянки у вигляді зрізаних конусів, спрямованих вершинами до центру втулки.

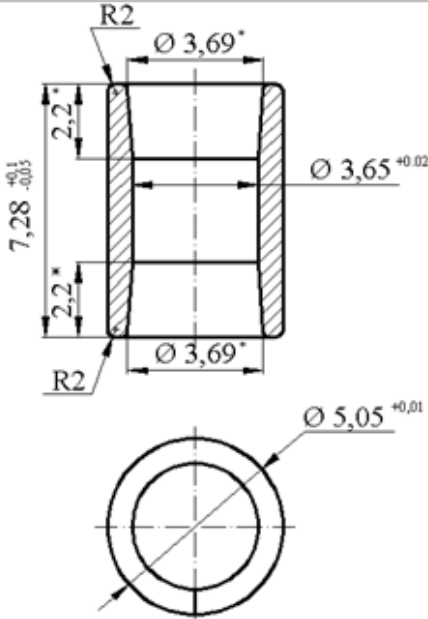
Процес виготовлення згорової втулки компанією SEDIS (Франція) показано на малюнку 1.4. В якості заготовки використовується прямокутна пластина, яка відрізається від стрічки з високою точністю. Для виготовлення стрічки застосовуються — високопластичні сталі марок: 08КП, 08ПС або 10КП.

стрічку (плющенку) виготовляють із дроту шляхом багаторазового прокатування на спеціалізованому прокатному стані з кількома клітками. Після кожного етапу прокатування застосовуються індуктори та струми високої частоти, що дозволяє усунути залишкові пластичні напруження. Остаточна точність прокатки забезпечує такі допуски: ПО ТОВЩИНІ – 0,015 мм; по ширині – до 0,15 мм.

Для виготовлення втулки використовується спеціалізований автоматичний верстат компанії SEDIS. Початковим етапом технологічного процесу є операція 005 формування втулки.

На першій позиції (рис. 1.4, а) стрічку 1 подають до упору 7. Переміщенням ножа 2 вниз здійснюють рубку карточки, довжина якої визначається за формулою $L_n = 2\pi r_n$, де r_n – радіус нейтрального шару згорнутої втулки [12]. Над карточкою 3 симетрично відносно її середини вгорі



	Технічні умови: 1. Нітроцементувати $h\ 0,1 \dots 0,2$; $HRC\ 56 \dots 62$. 2. Діаметри вказані до термообробки. 3. Матеріал: стрічка сталь 12ХН 0,73x7,2В. УМТТУ-4-93-69. 4. * - розміри досягаються інструментом.
Рисунок 1.3 Корсетна згортна втулка для дворядного приводного втулкового ланцюга з кроком 9,525 мм приводу механізму газорозподілу і помпи системи мащення двигуна внутрішнього згорання заводу DITTON (Латвія)	

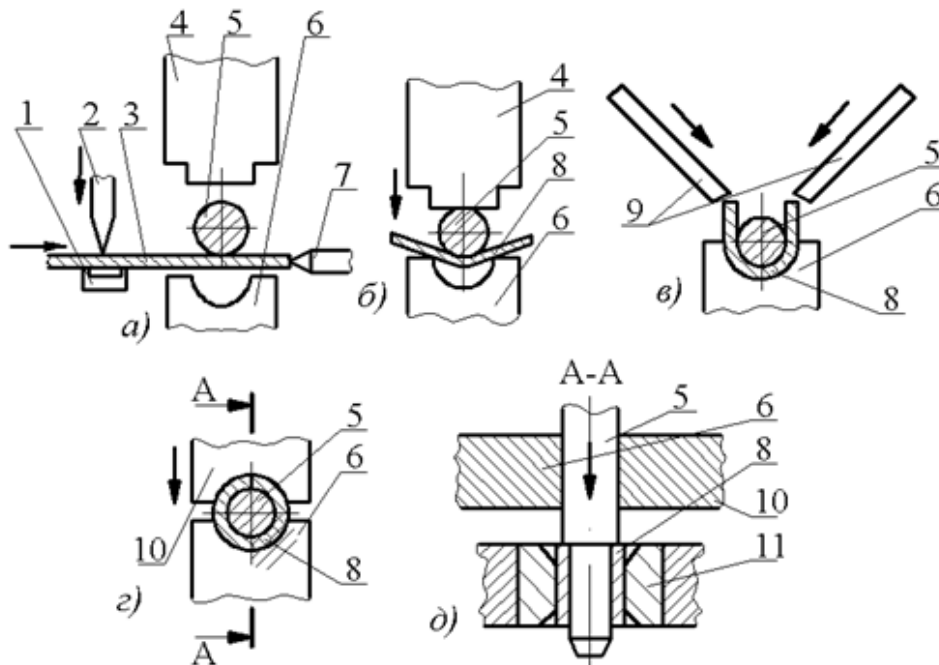


Рисунок 1.4 Схема переходів технологічного процесу виготовлення згортної втулки для втулкового приводного ланцюга фірми SEDIS (Франція)

розміщені пуансон 4 і оправка 5. Відносно карточки симетрично у низ розміщена нижня напівматриця 6. відображено перший етап формування карточки шляхом її переміщення назустріч пуансона 4 і нижньої матриці 6 та формування U- подібної заготовки 8.

На малюнку 1.4, у третій позиції, показано, як пуансони 9 взаємодіють з поверхнею U-подібної заготовки 8, згинаючи її кінець. У четвертій позиції (рис. 1.4, г) зображено остаточно положення нижньої 6 та верхньої 10 напівматриць, у результаті чого формується згортна втулка.

Переріз А-А демонструє процес створення втулки на оправці спеціальної форми, яка забезпечує корсетну конструкцію втулки. У перерізі А-А (рис. 1.4, д) показано калібрування втулки 8 у фільтрі 11 під час вертикального опускання оправки 5. Після цього калібруючий пуансон 5 піднімається вгору, а втулка, завдяки відпружиненню, трохи розширюється і, впираючись у торець фільтра або знімача, , знімається з оправки. На наступному етапі – операція 010 (термічна обробка) (рис. 1.5) – використовується спеціальна термічна піч 4, яка забезпечена транспортером 3 та приймальним бункером 6. Сформовані втулки 2 із бункера 1 подаються на транспортер 3, що переміщується через піч 4 із заданою швидкістю. У печі розташовані зони хіміко-термічної обробки (нітроцементациї), гартування та відпуску. Термічно оброблені втулки 5 попадають в тару 6. На третьому етапі, операція 015 (шліфувальний) (рис. 1.6), передбачає шліфування зовнішніх циліндричних поверхонь згортованих втулок після формування та термообробки. Ця процедура виконується на безцентрово-шліфувальному напівавтоматі. Четверта операція 020 (перша контрольна) використовує статистичні методи для відбору зразків через певні проміжки часу під час використання шліфувальних кіл. На цьому етапі вимірюється зовнішній діаметр втулки при внутрішньому стиковому шві, а також контролюється відхилення від круглості та співвісності зовнішньої поверхні відносно внутрішньої циліндричної поверхні згортної втулки.

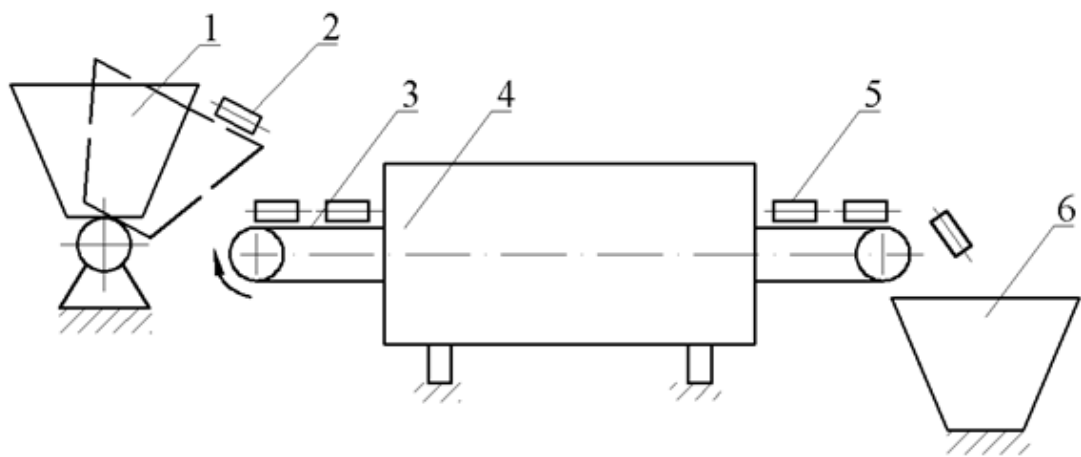


Рисунок 1.5 Схематичне зображення операції 010 – термічна обробка згортних втулок

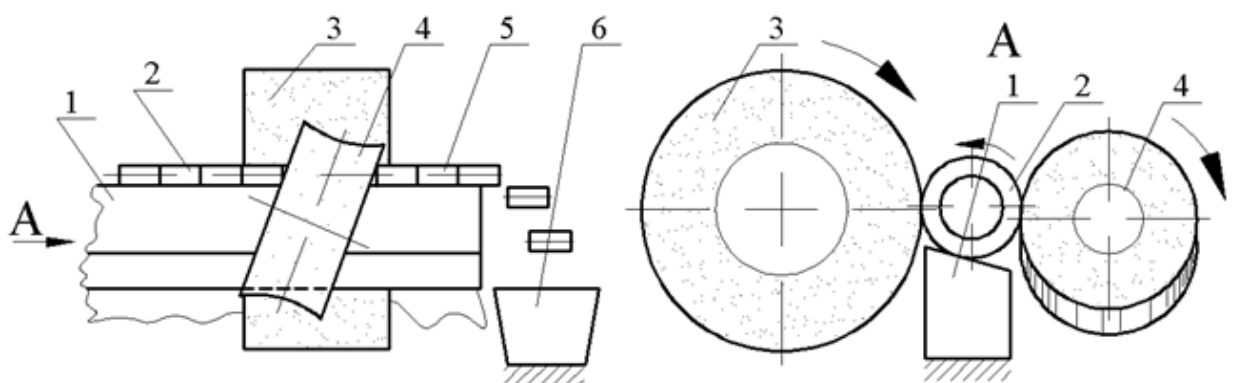


Рисунок 1.6 Схематичне зображення операції 015 – безцентрове шліфування зовнішньої циліндричної поверхні згортних втулок: 1 – опорний ніж; 2 – втулка, що підлягає шліфуванню; 3 – шліфувальний круг; 4 – ведучий круг; 5 – прошліфована втулка; 6 – тара

На 5 технологічній операції 025 (полірування) виконується фінішна обробка втулки за допомогою віброабразивної установки. Параметри режиму вібраційної обробки включають: амплітуду коливання 5 мм, частоту вібрацій 20 Гц і тривалість процесу 45 хвилин. Як робоче середовище використовує абразивний матеріал – білий електрокорунд 54 С у формі кубів і тетраєдрів із довжиною ребра до 10 мм, зернистістю 10-16. Абразив має керамічну зв'язку середньої твердості, а обробка створюється у водному середовищі.

Шоста технологічна операція 030 (контрольна) передбачає статистичний видимий огляд втулок для перевірки відповідності конструкційним параметрам. Контролюється якість поверхонь, спостерігається задирок, а також оцінюється рівень скруглення гострих кромek після полірування.

Дослідження, проведені в Ризькому технічному університеті (Латвія) під керівництвом Балцера Е.А. [14] та в ТНТУ ім. І. Пулюя (Україна) Кривим П.Д. [74], показали, що безцентрове шліфування може спричинити неспіввісність між внутрішніми та зовнішніми циліндричними поверхнями згортних втулок.

Згідно з даними [39], максимальна товщина стінки шліфованих втулок одну в зоні стікового шва. Це явище пояснюється тим, що під впливом сил різання під час шліфування зони шва, яка є найменш жорсткою, деформується в радіальному напрямку. У результаті зменшується глибина розрізу, що призводить до локального збільшення товщини стінки та виникнення ексцентриситету втулки.

Варто зазначити, що ексцентриситет згортних втулок негативно впливає на точність контактних кроків приводних втулкових ланцюгів (ПВЛ) з кроком 9,525 мм [74].

1.3. Огляд і аналіз пристрою для формування згортних втулок методом послідовного деформування

Наведений пристрій [8], що використовується для виготовлення згортних втулок із листових заготовок, який зображено на рис. 1.12, *а* (загальний вигляд), 1.12, *б* (вигляд збоку) і 1.12, *в* (розріз А-А на рис. 1.12).

Дане обладнання (рис. 1.12) для формування втулок із листових заготовок (у подальшому – пристрій) складається із встановленої на плиті 1 матриці 2 з циліндричним отвором 5 і входним пазом 15 та оправки 17, яка має дві частини: ліву 6 і праву 3, що встановлюються на підшипникових опорах 7 і 4 і мають можливість горизонтально переміщуватися. На іншій частині 6 оправки 17, яка є у середині матриці 2, встановлена шпонка 18. На правій частині 3 оправки 17 закріплена зірочка 14 і штурвал 19, служить для встановлення оправки із шпонкою 18 у початкове кругове положення. Обидві частини оправки – ліва 6 і права 3 – зафіксовані від взаємного повертання.

На встановленій поверхні 13, осі 12 що обертається ексцентрично, встановлені зірочка 11, яка зв'язана із ПРВЛ 9 із зірочкою 14, і вузол гальмування 20, на якому встановлений регулювальний гвинт 21. Відстань від верхньої площини, яка проходить через вісь 12, до точки прикладання навантаження зліва (зірочка 11) і справа (вузол гальмування 20) однакові. На верхній плиті 10 встановлений підпружинений шибер 8.

Пристрій функціонує наступним чином. Оправку 17 обертають штурвалом 19, щоб шпонка 18 стала навпроти прорізу в матриці 2, і фіксують у цьому положенні. Зірочку 11 розташовують так, щоб її вісь знаходилася у вертикальній площині з віссю 12 і була вище за нею, після чого гвинтом 21 регулюють ефект гальмування. У прорізі матриці 2 встановлюють заготовку у вигляді прямокутної картки та опускають повзун

13, стискаючи її між шибром 8 і шпонкою 18 до моменту, коли тиск від шибера перевищить початкове зусилля вузла гальмування 20.

У процесі прошовхування заготовки через кільцеву щілину, утворену внутрішньою частиною отвору 5 матриці 2 та лівою ділянкою 6 оправки 17, зменшується зусилля вузла гальмування 20. Це відбувається через підвищення тертя між заготовками і стінками матриці, що забезпечує стійкість зусилля згинання на всіх етапах операції. Такий результат досягається завдяки зниженню натягу ланцюга за рахунок зміни складу плечей навантаження. Зірочка 11 обертається навколо осі 12, отримуючи рух від зірочки 14, яка обертається разом з оправкою 17.

По завершенні процесу згинання повзун 13 і шибер 8 збільшують, розкривають матрицю, оправку разом з втулкою виймають з підшипникових опор 4 та 7, після чого втулку знімають. Потім оправку повертають у підшипникові опори, встановлюють шибер 8 і зірочку 11 у початкові позиції та повторюють процес формування втулки за тим же принципом.

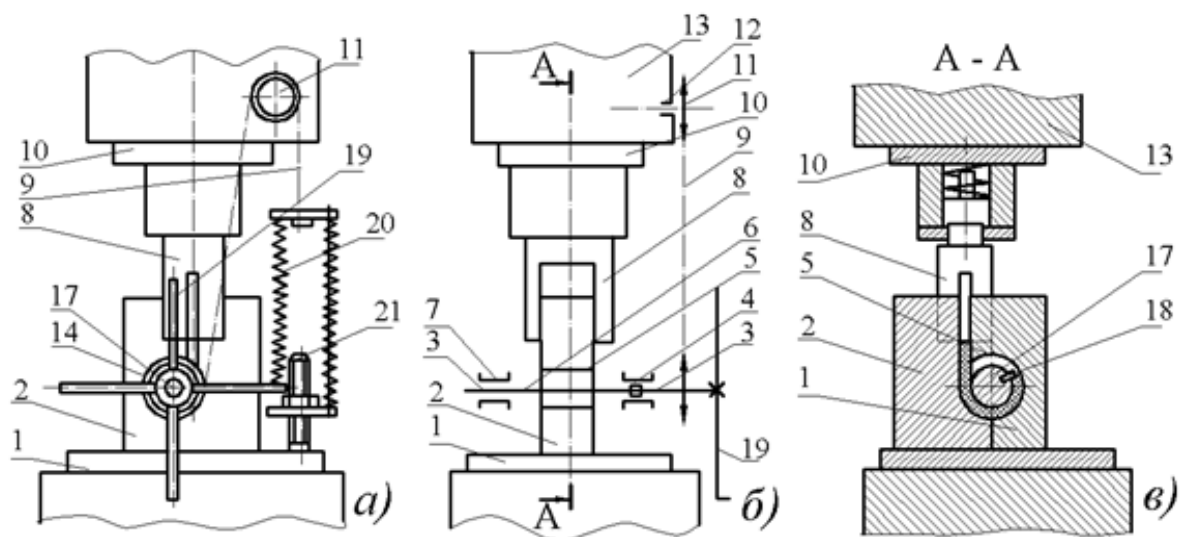


Рисунок 1.12 Схематичне зображення пристрою для виготовлення втулок із листових заготовок

У наведеній конструкції пристрою можна виділити **три основні недоліки** :

1. Відсутність можливості автоматизації процесу

- Пристрій не передбачає застосування механізмів чи сервоприводів для автоматизованої подачі, утримання та знімання заготовок.
- Через це продуктивність залишається низькою, після процесу гнуття виконується переважно вручну.

2. Складність у налаштуваннях ексцентрично розташованої зірочки (11)

- Потрібно точно виставити її у визначеному кутовому положенні у вертикальній площині, що ускладнює використання пристрою.
- Неточності у встановленні зірочки

3. Відсутність одночасного калібрування втулки під час гнуття

- Конструкція не дозволяє виконати калібрування (вирівнювання розмірів і форми) втулок у процесі їх згортання.
- Через це після операції згинання можна виникати додаткові етапи

1.5. Висновки і завдання досліджень

Проаналізувавши відомі існуючі технологічні процеси виготовлення згортних втулок та методів контролю точності форми за параметрами відхилення від круглості можна зробити такі висновки:

1. **Застосування нових технологій виготовлення.** У сучасному машинобудуванні все частіше впроваджують високопродуктивне обладнання (верстати з ЧПК, автоматизовані лінії, роботизовані комплекси), що дає змогу підвищити точність виготовлення згортних вузлів та скоротити виробничі цикли.

2. Посилений контроль точності форми. Для вимірювання відхилення від круглості широко використовують як контактні (наприклад, кругломіри та координатно-вимірювальні машини), так і безконтактні методи (оптичні сканери, лазерні вимірювальні системи). Застосування комп'ютеризованих засобів контролю дозволяє оперативно виявляти й коригувати похибки в процесі виготовлення.

3. Висока вимогливість до якості матеріалів. Поряд із вибором оптимальних марок сталей чи кольорових металів необхідно встановити встановлених стандартів металургійної підготовки (хімічний склад, термічна обробка). Якісна сировина значно знижує ризики виникнення дефектів форми та полегшує досягнення параметрів круглості.

4. Змінення допусків та підвищення точності. Сучасний ринок вимагає дедалі вузких полів допуску за відхиленням від круглості. Це стимулює використання більш точних верстатів та вимірювальних систем, а також перехід до гнучких автоматизованих виробничих ліній, які забезпечують стабільну якість продукції у великих та малих серіях.

5. Інтеграція системи керування якістю. У процес виготовлення згортних втулок усе частіше впроваджують CAD/CAM/CAE-системи та програми для статистичного керування процесами (SPC). такі комплекси дають змогу відстежити якість продукції на кожному етапі та оперативно внести зміни до виробничих параметрів.

6. Тенденції до автоматизації та цифрової трансформації. Застосування промислової Інтернет-речі (IIoT) та концепції «розумних фабрик» (Smart Factory) сприяє підвищенню ефективності виробництва, зниженню собівартості продукції та підвищенню показників точності виготовлення втулок за параметрами відхилення від круглості.

Таким чином, сучасні технології виготовлення згортних втулок спрямовані на забезпечення максимальної якості виробів, а також на гнучку

перебудови виробничих процесів, що дає можливість підвищити конкурентоспроможність продукції на виробництві.

Тому, запропоноване технологічне обладнання для виготовлення згортних втулок із підвищенням точності їх форми та зміцненням їх внутрішньої поверхні та із покращеними показниками шорсткості є актуальним завданням у цьому напрямку.

Для досягнення поставленої мети в роботі вирішувались такі **завдання:**

☐ **Розробка методів та вимірювальних засобів**

Мета – запропонувати інструменти (методи, пристрої або методики), які дають змогу визначати показники якості ланцюгів та їх деталей із високою точністю. Насамперед, ідеться про вимірювання геометричних параметрів, що впливають на працездатність (відхилення від круглості, діаметрів, кроків тощо).

☐ **Теоретико-експериментальне дослідження впливу орієнтації**

втулки

Дослідити, як саме просторове положення втулки (їхня «орієнтація») позначається точнісні показники якості приводних ланцюгів.

☐ **Розробка математичного апарату прогнозування**

зносостійкості

Передбачає створення математичних моделей, що дозволяють прогнозувати, як зміни у формі та розташуванні втулок впливають на знос деталей ланцюга під час експлуатації. Це дозволяє оптимізувати параметри виготовлення втулок і встановити їх закономірності відхилень.

☐ **Створення обладнання, методик та експериментів**

Завданням є розробка обладнання і комплекту методичних вказівок, які забезпечують проведення експериментів для визначення реальних експлуатаційних характеристик ланцюгів.

2 ДОСЛІДНО-ПРОЕКТНИЙ РОЗДІЛ

2.1. Статистична оцінка точності товщини стінок згортних втулок приводних роликів і втулкових ланцюгів

Точність контактних кроків ланцюгів є показником, що впливає на ефективність роботи приводних роликів ланцюгів (ПРВЛ). Контактна товщина стінки згортних втулок (Δ) має вирішальне значення для забезпечення правильного функціонування ланцюгової передачі. Дослідження закономірностей розподілу Δ і її вплив на точність контактних кроків підвищує надійність та довговічність ПРВЛ.

Ця тема є актуальною для машинобудівної галузі України, оскільки вітчизняні виробники активно працюють над вдосконаленням характеристик ланцюгів, що використовуються в різних галузях промисловості. Підвищення якості ПРВЛ забезпечить конкурентоспроможність української продукції на внутрішньому та зовнішньому ринках

Технологічні особливості виготовлення втулки для приводних роликів ланцюгів (ПРВЛ) впливають на точність та експлуатаційні характеристики готових виробів. У ході експериментальних досліджень було сформовано вибірку втулок із різних виробничих партій, дотримуючись вимог стандартів. Вибірки включали втулки з різними типорозмірами, виготовлені на підприємствах у Латвії (Даугавпілс) та Киргизії (Бішкек).

Втулки Даугавпільського виробництва для ланцюгів з кроками 9,525 мм, 12,7 мм і 15,875 мм виготовлялися методом періодичного деформування, що формувало певні відхилення внутрішньої поверхні. Втулки Бішкекського виробництва з кроками 19,05 мм і 25,4 мм виготовлені методом додаткового деформування, що спричинило інші особливості розподілу товщини стінки. Ці технологічні відмінності є маленькі для аналізу ексцентричності та визначення впливу на функціонування ланки

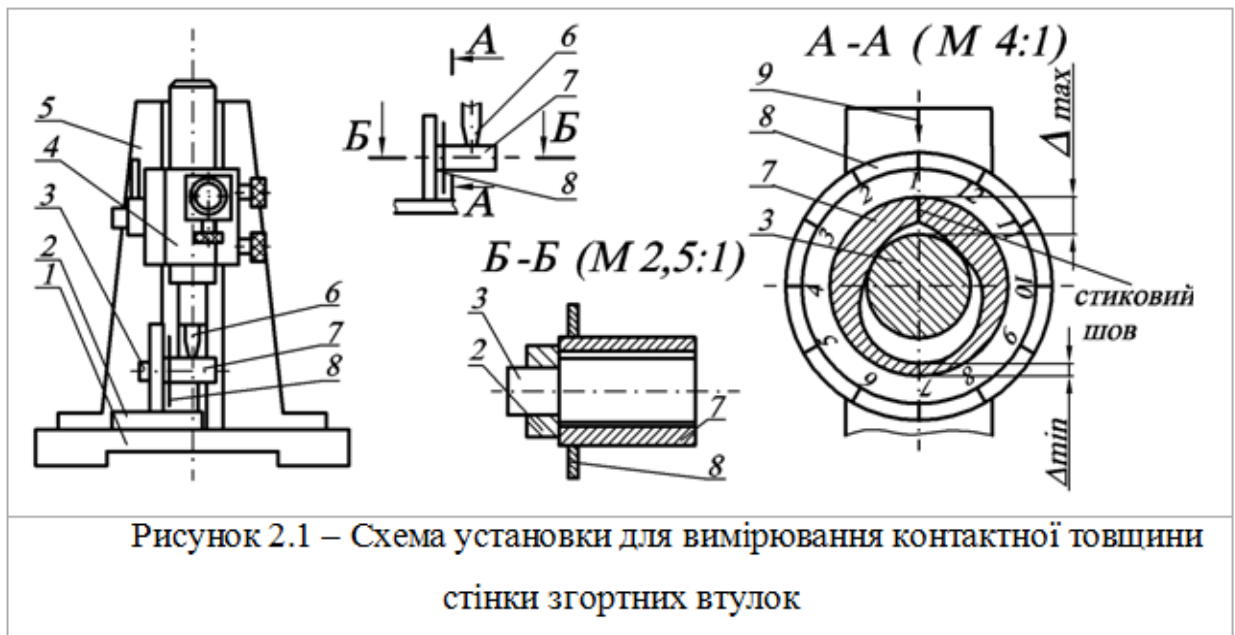
Вибірка з кожної партії становила 100 втулок для забезпечення рівня надійності 95% ($\alpha = 0,95$) та точності вимірювання товщини стінки (Δ). Перед проведенням вимірювань деталі проходили підготовку: промівання в авіаційному бензині, знежирення та висушування. Такий підхід дозволяє мінімізувати похибки та забезпечити високу точність.

Описаний метод визначення товщини стінки втулок (Δ) дозволяє отримати точні дані про її розподіл по окружності. Використання установки з довжиноміром ИЗВ-21-4 забезпечує високу точність вимірювання, що є критичним для оцінки якості втулок і, відповідно, підвищення експлуатаційних характеристик приводних роликів ланцюгів (ПРВЛ).

Особливістю виявлення методики є багатопозиційне вимірювання Δ у 12 точках по окружності втулки з кроком 30° , що дозволяє нерівномірність та ексцентричність внутрішньої циліндричної поверхні. Такий підхід забезпечує комплексний аналіз, який включає:

- Оцінку наявності грубих похибок методом Гребса
- Перевірку нормального розподілу за критерієм Колмогорова
- Аналіз стабільності дисперсії за критерієм Стюдента.

Статистична обробка результатів підтвердила стабільність технологічного процесу виготовлення втулок, що є фактором для забезпечення високої точності контактних кроків. Встановлені закономірності та розподіли Δ дозволити удосконалити технологічні процеси виготовлення ПРВЛ, зменшити ексцентричність і підвищити зносостійкість, такі дослідження мають практичне значення для машинобудівних підприємств України, які займаються виробництвом приводних ланцюгів, однак повинні підвищити якість продукції та забезпечити її конкурентоспроможність.



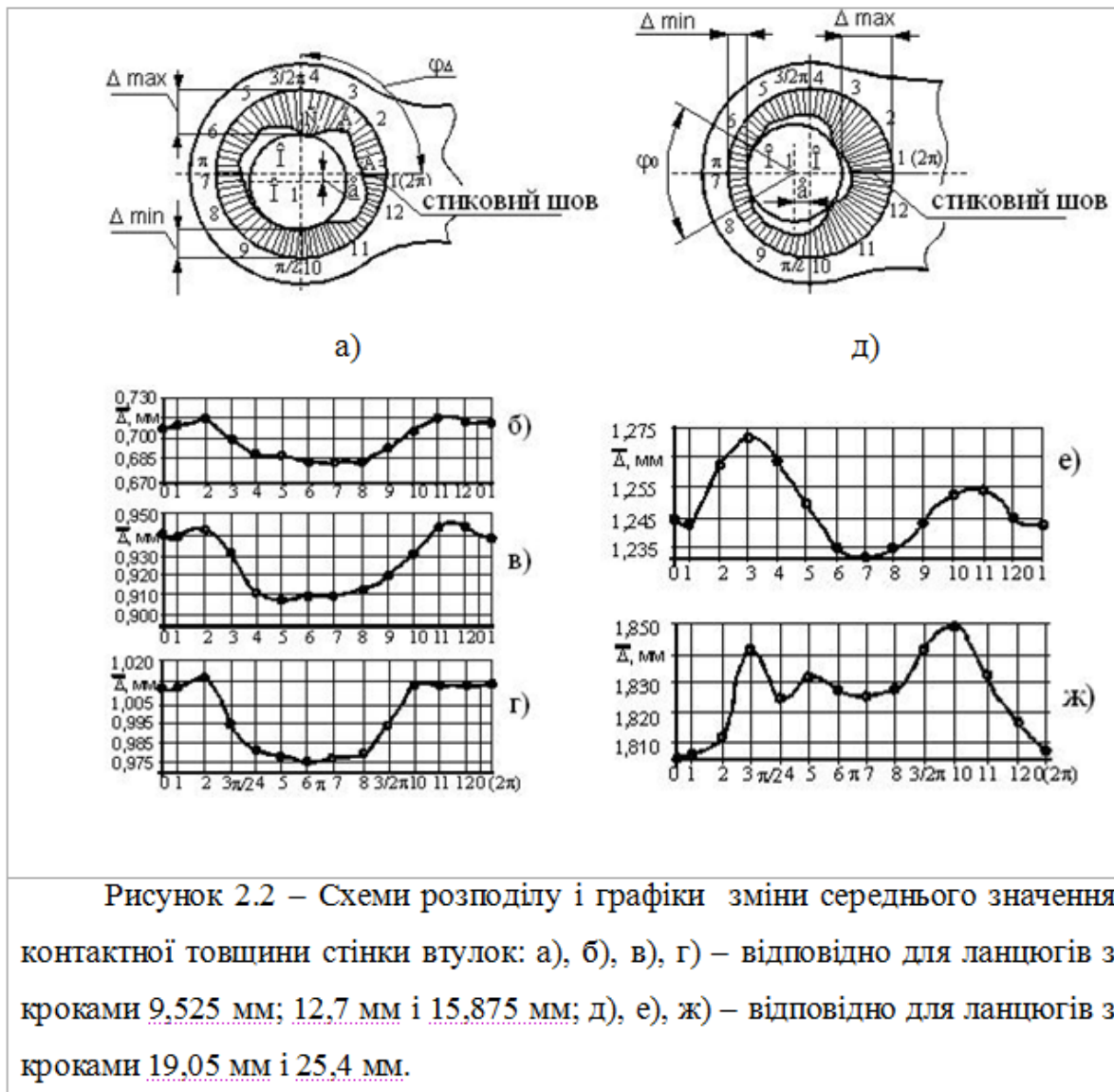
На рис. 2.2 показано схеми розподілу та зображено графіки зміни середніх значень величини $\bar{\Delta}$ втулок для ПРВЛ з кроками 9,525 мм, 12,7 мм, 15,875 мм і 19,05 мм, 25,4 мм відповідно. В табл. 1, наведено значення $\bar{\Delta}_i$ та дисперсій $D(\Delta_i)$, та розсіювання величини Δ для втулок усіх типів розмірів ПРВЛ які досліджувались.

Проаналізувавши дані (рис.2.2) можемо стверджувати, що величина Δ по куту повороту φ має чітко виражену закономірність. Кут φ визначає положення стикового шва відносно напрямку дії зусилля, яке передається робочою віткою ланцюга.

Наведені дані свідчать про те, що у втулок, виготовлених на Даугавпілському підприємстві, середня максимальна контактна товщина стінок розташована саме в зоні стикового шва, тоді як мінімальна товщина спостерігається діаметрально протилежно до нього.

Причини цього явища можна пояснити так: Спотворення циліндричної форми під час згортання. Коли листову заготовку періодично деформують, перетворюючи її на циліндричну оболонку, відбувається відхилення від ідеальної циліндричної форми. Тому вже на етапі згортання виникає нерівномірний розподіл товщини стінок.

Найменша радіальна жорсткість у зоні шва. У ділянці стикового шва втулка має знижені показники жорсткості. Під час безцентрового шліфування ця зона зазнає більшої радіальної деформації через дію сил різання. Внаслідок того, що втулка в цій частині прогинається більше, фактична глибина різання зменшується. Як результат, товщина стінки в зоні стикового шва лишається більшою, ніж у діаметрально протилежній точці.



Значення максимальних $\bar{\Delta}_{\max}$ та мінімальних $\bar{\Delta}_{\min}$, величини Δ втулок для ПРВЛ з кроками 9,525 мм, 12,7 мм і 15,875 мм, визначили за формулою $\bar{e} = (\bar{\Delta}_{\max} - \bar{\Delta}_{\min}) / 2$ середні значення ексцентриситетів цих втулок, які відповідно дорівнюють: 13,5 мкм, 17,5 мкм і 19,5 мкм. Для ланцюгів з

кроками 19,05 мм і 25,4 мм значення ексцентриситетів відповідно склали 56 мкм і 13,0 мкм.

Таблиця 2.1 – Імовірнісні характеристики: середні значення $\bar{\Delta}_i$ (чисельник) і дисперсії $D(\Delta_i)$ (знаменник) розсіювання контактної товщини згортних втулок

Порядковий номер положення	Кут повороту φ , град.	Значення $\bar{\Delta}$, мм і $D(\Delta)$, мкм ² для ланцюгів з кроками (в мм)				
		9,525	12,7	15,875	19,05	25,4
1	0	<u>0.711</u> 201	<u>0.939</u> 156	<u>1.012</u> 387	<u>1.244</u> 1089	<u>1.806</u> 1703
2	30	<u>0.714</u> 84	<u>0.943</u> 157	<u>1.017</u> 387	<u>1.263</u> 1212	<u>1.811</u> 2203
3	60	<u>0.702</u> 105	<u>0.933</u> 178	<u>0.995</u> 244	<u>1.273</u> 1376	<u>1.843</u> 3405
4	90	<u>0.688</u> 107	<u>0.910</u> 194	<u>0.980</u> 118	<u>1.364</u> 976	<u>1.824</u> 3453
5	120	<u>0.688</u> 138	<u>0.907</u> 183	<u>0.978</u> 169	<u>1.249</u> 361	<u>1.833</u> 3470
6	150	<u>0.684</u> 152	<u>0.090</u> 137	<u>0.976</u> 185	<u>1.232</u> 569	<u>1.826</u> 2265
7	180	<u>0.684</u> 152	<u>0.909</u> 137	<u>0.976</u> 185	<u>1.232</u> 569	<u>1.826</u> 3365
8	210	<u>0.684</u> 101	<u>0.912</u> 201	<u>0.978</u> 190	<u>1.234</u> 890	<u>1.828</u> 3256
9	240	<u>0.692</u> 125	<u>0.919</u> 108	<u>0.993</u> 284	<u>1.243</u> 1252	<u>1.844</u> 2719
10	270	<u>0.705</u> 105	<u>0.933</u> 146	<u>1.014</u> 377	<u>1.252</u> 1286	<u>1.850</u> 4638
11	300	<u>0.715</u> 106	<u>0.945</u> 155	<u>1.012</u> 258	<u>1.254</u> 501	<u>1.830</u> 3026
12	330	<u>0.711</u> 88	<u>0.942</u> 223	<u>1.013</u> 141	<u>1.245</u> 737	<u>1.816</u> 1578

Врахувавши на основі досліджень [19, 24], що для підвищення точності t_z і t_b , зносостійкості шарнірів ПРВЛ згортні втулки необхідно орієнтувати в таке положення, щоб валик контактував із внутрішньою циліндричною поверхнею втулки в зоні, яка діаметрально протилежна по відношенню до зони стикового шва для ланцюгів з кроками 9,525 мм, 12,7 мм і 15,875 мм або розміщена під кутом 90^0 до поздовжньої осі внутрішньої ланки для ланцюгів

з кроками 19,05 мм і 25,4 мм, оцінили суттєвість відмінності $\bar{\Delta}_i$ і $D(\Delta_i)$ для 1-го і 7-го положень для ланцюгів Даугавпілського виробництва та 1-го та 4-го положень для ланцюгів Бішкекського виробництв.

Розрахувавши F , t_k і значення ймовірності $P(t_k)$ за розподілом Ст'юдента подані в таблиці 2.2, в якій, окрім цього, позначеннями «+», «-» відзначена відповідно суттєва і несуттєва відмінність між середніми значеннями та дисперсіями розсіювання контактної товщини стінки втулок в зазначених положеннях.

Аналіз даних, наведених у таблиці 2.2, дозволяє зробити такі висновки: Середні значення величини Δ для досліджуваних згортних втулок у зазначених положеннях Для втулок, виготовлених для ланцюгів із кроком 25,4 мм, відмінності в середніх значеннях не є суттєвими. Для всіх інших кроків ланцюгів середні значення величини Δ відрізняються суттєво.

Дисперсії Δ всіх зазначених положень досліджуваних втулок відрізняються суттєво, незалежно від кроку ланцюга. Ці висновки вказують на те, що для більшості втулок положення під час тестування істотно впливає як на середні значення величини Δ , так і на характер їх розсіювання. Лише для ланцюгів із кроком 25,4 мм середні значення не мають статистично значимих відмінностей між положеннями.

Таблиця 2.2 – Значення критеріїв t_k і F

Критерії оцінки		Втулки для ланцюгів з кроками, мм									
		9,525		12,7		18,875		19,05		25,4	
Ст'юдента для $\bar{\Delta}$	розрах. t_k	14,35	+	17,5	+	15,04	+	24,8	+	2,88	-
	таблич. $P(t_k)$	0,000		0,000		0,000		0,000		0,007	
										3	
Фішера для $D(\Delta)$	розрах. F	1,33	+	1,38	+	2,09	+	1,47	+	1,34	+
	таблич. F_m	1,26		1,26		1,26		1,26		1,26	

2.2 Теоретичне дослідження загального зусилля, прикладеного до пуансона при послідовному деформуванні у транспортному каналі

Підсумовуючи результати досліджень [5, 24] і практичного досвіду виготовлення згортних втулок для приводних роликів і втулкових ланцюгів (ПРВЛ), можна дійти висновку, що значне відхилення від круглості їхньої внутрішньої циліндричної поверхні (ВЦП) є наслідком так званої технологічної спадковості.

Найпоширеніший і водночас найбільш продуктивний метод виготовлення згортних втулок ПРВЛ — послідовне деформування, реалізоване на НЗНА (рис. 2.3 [5]). Після згортання (рис. 2.4) у перерізі втулки зазвичай спостерігаються прямолінійні ділянки на її «круглограмі» та розкритість згортного шва, що вказує на неповну ідеальність циліндричної форми.

Зумовлені технологічною спадковістю відхилення від круглості (зокрема, прямолінійні ділянки та незімкненість шва) не вдається повністю усунути навіть за умови багаторазового калібрування у матрицях [18]. Ба більше, багаторазове калібрування супроводжується значними контактними навантаженнями на одні й ті самі ділянки матриць, що прискорює їх зношування (через явища втоми) і знижує загальну ефективність усього технологічного процесу. Для досягнення високої точності форми внутрішньої циліндричної поверхні (ВЦП) згортних втулок запропоновано технологічний процес виготовлення, принцип якого ілюструється на рис. 2.5 та рис. 2.6.

Заготовка (карточка) 6 подається із накопичувача 2 (на рис. 2.5 не показано) штовхачем 5 на робочу позицію під пуансон 4. У цей момент пуансон 4 та оправка 3, що спирається обома кінцями на опори 2 і 11 подібно до балки на двох опорах, залишаються нерухомими. Оправка перебуває у середньому положенні, показаному на рис. 2.9, а.

Щойно штовхач 5 починає рух у зворотному напрямку за нерухомою оправки 3, пуансон 4 зміщується вниз, змушуючи карточку 7 переміщуватися

вертикально вниз. У той же час карточки 8 і 9 просувуються у транспортному каналі 10, виконаному з певним радіусом r_{tr} або за архімедовою чи логарифмічною спіралями.

Під час транспортування в каналі 10, карточки 7, 8 і 9 зазнають деформації. При цьому карточка 9 через свій торець тисне на торець поперечної карточки, змушуючи її пересуватися у формувальній матриці та згорнутися у втулку 1.

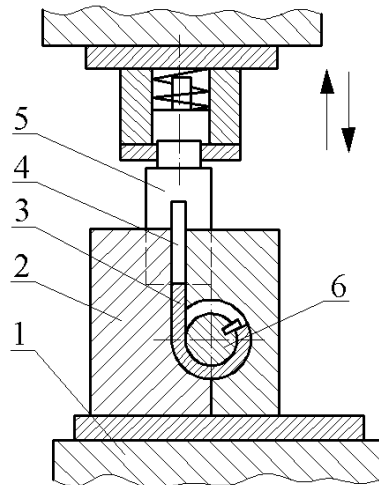


Рисунок 2.3 Конструктивна схема пристрою для згортання втулки за традиційною технологією: 1 – основа; 2 – формуюча матриця; 3 – карточка; 4 – пуансон; 5 – пуансонотримач; 6 – опівка

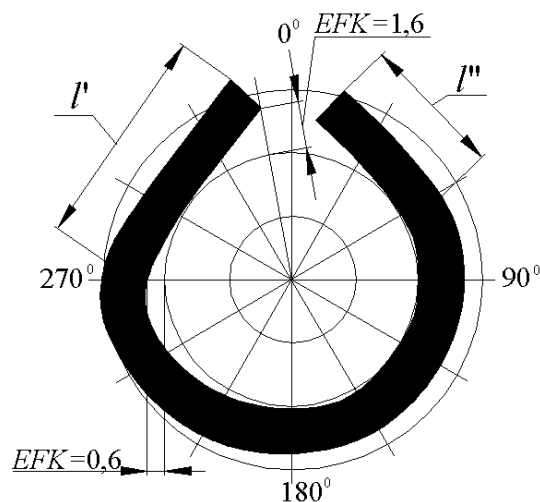


Рисунок 2.4 Профіль поперечного перерізу втулки ланцюга з кроком 19,05 мм, отриманої після згортання за традиційною технологією.

Діставшись крайнього нижнього положення, пуансон 4 починає рухатися вгору, тоді як оправка 3 зміщується вправо разом із згорнутою на ній втулкою 1. У процесі цього переміщення втулка 1 послідовно проходить через деформуючу 12 і дві калібруючі фільтри 13, закріплені гайкою 14, завдяки чому їй надається циліндрична форма. Оправка 3, перемістившись на відстань L_1 і зайнявши праве крайнє положення (рис. 2.5, в), починає рухатися у зворотному напрямку. Вона зміщується на величину L_2 та досягає крайнього лівого положення (рис. 2.5, а, 2.5, г і 2.6). У цей момент втулка 1, торцем упираючись у знімач 15, більше не слідує за оправкою 3. Коли оправка виходить із внутрішньої циліндричної поверхні втулки (ВЦП), втулка крізь вікно 16 падає донизу у тару. Після цього оправка 3 зміщується вправо на відстань L_3 і зупиняється. Через певний час штовхач 5 знову подає чергову заготовку на робочу позицію, і технологічний цикл повторюється. Точність форми внутрішньої циліндричної поверхні (ВЦП) перевіряли у згортних втулках для приводних роликів і втулкових ланцюгів (ПРВЛ) з кроком 19,05 мм, виготовлених як за традиційним (рис. 2.3), так і за запропонованим (рис. 2.5 і 2.6) технологічними процесами. У дослідних партіях кожного варіанта було по 30 втулок.

Аналіз круглограм, поданий у [13], здійснений за коефіцієнтом λ_0 [19] і підтверджує ефективність запропонованого технологічного процесу. Для реалізації цього процесу необхідно визначити силові параметри формоутворення згортної втулки, а саме: загальне зусилля $P_{заг.}$, що діє на пуансон; довжину транспортного каналу за заданим радіусом r ; центральний кут β та кількість карточок m , які одночасно перебувають у транспортному каналі. Величина $P_{заг.}$ залежить від m і r , а також від ширини пластинки (висоти втулки) b , середнього діаметра d_c та товщини стінки втулки t . З метою спрощення розрахунків прийнято такі припущення, що не справляють істотного впливу на точність результатів: Зміщення нейтральної лінії під час деформації карточки дорівнює нулю. Після пружного відновлення (відпружинення) нейтральна лінія деформованої карточки утворює дугу з

постійним радіусом r_0 . Довжина нейтральної лінії $L_c = \pi d_n$ відповідає довжині дуги, яку визначають за середнім діаметром втулки $L_d = \pi d_c$, тобто $d_n = d_c$.

На **першому етапі** будемо розраховувати зусилля, яке потрібно надати до карточки, щоб заставити її рухатись у транспортному каналі на довжину $L = \pi d_c$, тут d_c - що відповідає середньому діаметру втулки. На рис. 2.7 схематично зображена заготовка тобто карточка, що знаходиться в транспортному каналі, і введені позначення форм карточок : I — для абсолютно пластичного матеріалу, II — з урахуванням величини відпружинення з певним радіусом r_0 . Для оцінювання зусиль і реакцій, які виникають на стінках транспортного каналу внаслідок пружної деформації карточки, необхідно визначити r_0 (радіус нейтральної лінії деформованої заготовки). З огляду на заданий радіус транспортного каналу (який дорівнює радіусу пуансона в штампі для гнуття), користуючись даними з джерела [6], можна подати формулу для обчислення r_0 у такому вигляді (умовно):

$$r_0 = (C \cdot (2 \cdot r + t) - t) / 2; \quad (2.1)$$

де C – коефіцієнт відпружинення, t – товщина пластини.

Використавши розрахункову схему (див. рис. 2.7), величину відпружинювання Y визначимо із залежності:

$$Y = r(1 - \cos \alpha / 2) - r_0 + \sqrt{r_0^2 - r^2 \cdot \cos^2 \alpha / 2}, \quad (2.2)$$

де α – центральний кут, який дорівнює $\alpha = \pi d_c / r$.

Коефіцієнт C визначимо, використавши [6]:

$$C = 1 / (1 - E' \cdot (2r/t + 1)^{1-n}), \quad (2.3)$$

де k , n , E' – постійні величини для даного матеріалу, які характеризують інтенсивність зміцнення і визначаються із залежностей:

$$k = \sigma_k / \varepsilon_k^n; \quad n = (\lg \sigma_k - \lg \sigma_s) / (\lg \varepsilon_k - \lg \varepsilon_s); \quad E' = 3k / ((2 + n) \cdot E).$$

Тут σ_k і ε_k – відповідно істинні напруження і відносна деформація границі міцності; σ_s і ε_s – відповідно істинні напруження і відносна деформація границі текучості. Із врахуванням (2.29) остаточно отримаємо

$$Y = r \left(1 - \cos \frac{\pi d_C}{2r} \right) - \frac{C(2r+t)-t}{2} + \sqrt{\left(\frac{C(2r+t)-t}{2} \right)^2 - r^2 \sin^2 \frac{\pi d_C}{2r}}. \quad (2.4)$$

На рис. 2.13 наведено графіки, які ілюструють залежність величини відпружинення Y від радіуса транспортного каналу. Аналіз співвідношення (2.30) та результатів, показаних на рис. 2.9, дає підстави стверджувати, що відпружинення Y визначається фізико-механічними властивостями матеріалу заготовки (карточок), їхніми розмірами, а також радіусом транспортного каналу.

Слід підкреслити, що $Y \leq Y_{\max}$, де $Y_{\max} = (F \cdot l^3) / (48 \cdot E \cdot I_x)$ – допустима величина прогину карточки; тут F – зусилля, прикладене до карточки; $l = \pi \cdot d_c$ – довжина карточки; E – модуль Юнга; $I_x = (b \cdot t^3) / 12$ – осьовий момент інерції поперечного. Врахувавши, що $[\sigma_\tau] \geq M_{x\max} / W$, де $[\sigma_t]$ – границя текучості металу; $M_{x\max} = (F \cdot l) / 4$ – максимальний згинний момент; $W_x = (b \cdot t^2) / 6$ – осьовий момент опору, і спростивши, отримаємо умову технічного обмеження:

$$Y \leq Y_{\max} = ([\sigma_\tau] \cdot \pi^3 \cdot d_c^3) / (6 \cdot E \cdot t). \quad (2.5)$$

Зусилля, необхідне для забезпечення пружної деформації карточки (пластинки) на величину Y , виразиться формулою:

$$F = (4 \cdot E \cdot b \cdot t^3) / (\pi^3 \cdot d_C^3) \cdot Y. \quad (2.6)$$

Прийнявши, що $\sum M_i(0) = 0$ і скориставшись (рис. 2.12), значення зусилля Q_1 , потрібне для переборення сил тертя та дії пружної деформації при переміщенні однієї карточки у транспортному каналі, буде: $Q_1 = F'_{mp.A} + F'_{mp.} + F'_{mp.B}$, де $F'_{mp.A}, F'_{mp.}, F'_{mp.B}$ – відповідно проекції сил тертя в опорах на напрям дії сили Q_1 (рис. 2.10).

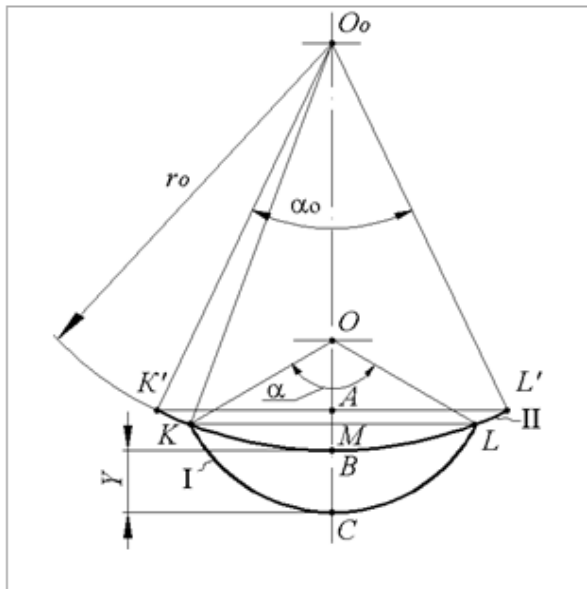


Рисунок 2.7 Розрахункова схема для визначення величини відпружинювання Y

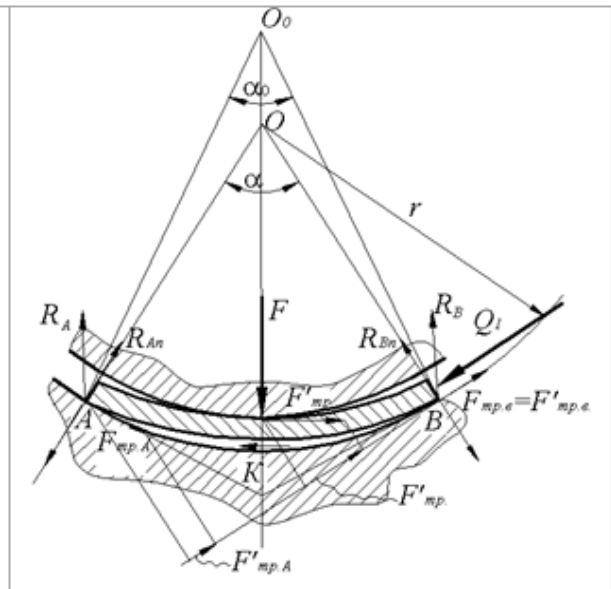


Рисунок 2.8 Розрахункова схема для визначення сили транспортування карточки в транспортному каналі

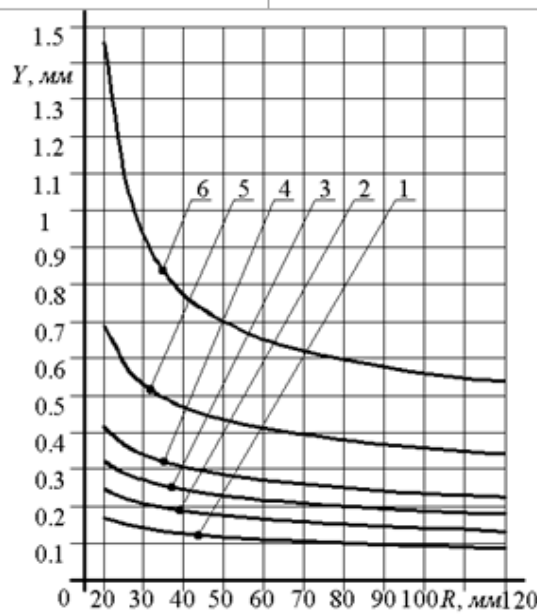


Рисунок 2.9 Графіки залежності величини Y від радіуса транспортного каналу для карточок заготовок втулок ланцюгів різних кроків: 1, 2, 3, 4, 5, 6 – відповідно для втулок ланцюгів з кроком 9,525; 12,7; 15,875; 19,05; 25,4 і 38,1 мм (матеріал Сталь 45, $E=20000$ кг/мм², $n=0,17$, $\sigma_t=30$)

Знаючи силу F , і визначивши реакції в опорах R_A і R_B та враховуючи значення кута α , після спрощення отримаємо:

$$Q_1 = \frac{2 \cdot E \cdot b \cdot t^3 \cdot Y}{\pi^3 \cdot d_C^3} \cdot f \cdot \cos \frac{\pi \cdot d_C}{2 \cdot r} \left(3 + \cos \frac{\pi \cdot d_C}{r} \right). \quad (2.7)$$

де f – коефіцієнт тертя.

Використавши формулу, подану в [7], і розрахувавши плече гнуття, отримаємо зусилля P , яке потрібне для того, щоб зігнути карточку до радіуса r в традиційних штампах:

$$P = \left([\sigma_\tau] \cdot t^2 \cdot b \cdot \left(\sin \frac{\pi \cdot d_C}{2 \cdot r} + f \cdot \cos \frac{\pi \cdot d_C}{2 \cdot r} \right) \right) / \left(2 \cdot r \cdot \sin \frac{\pi \cdot d_C}{2 \cdot r} \right). \quad (2.8)$$

Виходячи із другого закону термодинаміки робота A , яка виконується при гнутті в традиційних штампах, визначається із залежності: $A = P \cdot l$, де l – переміщення точки прикладання сили (хід пуансона).

$$l = r \cdot (1 - \cos(\pi \cdot d_C / 2r)). \quad (2.9)$$

Використавши (2.34) і (2.35), отримаємо:

$$A = \left([\sigma_\tau] t^2 b \left(\sin \frac{\pi \cdot d_C}{2 \cdot r} + f \cdot \cos \frac{\pi \cdot d_C}{2 \cdot r} \right) \left(1 - \cos \frac{\pi \cdot d_C}{2 \cdot r} \right) \right) / \left(2 \cdot \sin \frac{\pi \cdot d_C}{2 \cdot r} \right). \quad (2.10)$$

З іншого боку, робота, що виконується при гнутті пластинки під час її транспортування у транспортному каналі, буде дорівнювати:

$$A = P_1 \cdot l_1. \quad (2.11)$$

Тут P_1 – зусилля, яке необхідно прикласти до карточки, щоб, zdeformувавши її у транспортному каналі, перемістити на величину l_1 ; $l_1 = \pi \cdot d_C$ – довжина карточки.

Порівнявши (2.9) та (2.10) і розв'язавши відносно P_1 , отримаємо:

$$P_1 = \left([\sigma_\tau] t^2 b \left(\sin \frac{\pi \cdot d_C}{2 \cdot r} + f \cos \frac{\pi \cdot d_C}{2 \cdot r} \right) \left(1 - \cos \frac{\pi \cdot d_C}{2 \cdot r} \right) \right) / \left(2 \pi d_C \sin \frac{\pi \cdot d_C}{2 \cdot r} \right). \quad (2.12)$$

На **другому етапі** будемо розраховувати зусилля Q , що потрібно надати останній карточці щоб перебороти сил тертя при переміщенні інших карточок у транспортному каналі. Враховуємо, що наступні карточки створюватимуть силу опору, яка формується силами тертя, що виникають

внаслідок пружної деформації карточок (пластинок): $Q = Q_1 \cdot (m - 1)$, де m – максимальна кількість карточок, які одночасно знаходяться у транспортному каналі і формувальній матриці.

Таким чином загальне зусилля P_1' , яке необхідне для деформування першої і переміщення наступних карточок у транспортному каналі, буде дорівнювати:

$$P_1' = P_1 + Q = P_1 + Q_1 \cdot (m - 1). \quad (2.13)$$

На **третьому етапі** розглянемо процес згортання карточки 1 (рис. 2.9 і 2.14) у формувальній матриці. В ідеальному випадку, коли карточка плоска, робота деформування під дією P_2 у формувальній матриці радіусом $r_{\text{вт.з.}}$ (зовнішній радіус втулки) на основі [94] буде:

$$A_1 = P_2 \cdot (d_c / 2). \quad (2.14)$$

Враховуючи те, що карточка попередньо здеформована і має кривину радіусом r_0 , хід пуансона буде меншим на величину EF , і тоді залежність (2.40) набуде вигляду : $A_1 = P_2 \cdot FД$.

Величина $EF = r_{\text{вт.з.}} - FД = \delta_n$ становить похибку переміщення точки прикладання сили P_2 . Тому виникає необхідність визначити, чи допустимо нехтувати величиною δ_n для реальних випадків. Використавши ΔECO (рис. 2.14), отримаємо $\delta_n = r - \sqrt{r^2 - (d_{\text{вт.з.}}^2 / 4)}$, де $d_{\text{вт.з.}}$ – зовнішній діаметр втулки.

При виконанні умови, що $r_{\text{min}} - d_{\text{вт.з.}} / 2 > 0$, отримаємо $r_{\text{min}} > d_{\text{вт.з.}} / 2$, де r_{min} - мінімальний радіус транспортного каналу. Задавшись переміщенням $\delta_n' = 0,05(d_{\text{вт.з.}} / 2)$, знайдемо мінімальне значення r_0' , при якому похибка переміщення точки прикладання сили буде складати 5% від загального переміщення пуансона. З умови рівноваги карточки під дією зусиль, які прикладені з боку пуансона і матриці, використавши [16], отримаємо:

$$P_2 = 2P_3 \cdot \sin \alpha_1 + 2f \cdot P_3 \cdot \cos \alpha_1, \quad (2.15)$$

де P_2 – зусилля, прикладене до пуансона; P_3 – зусилля, що діє з боку матриці на карточку; α_1 – кут між напрямом дії P і зовнішнім боком карточки.

Графіки залежності $\delta_n = f(r)$ в абсолютному і в процентному відношенні подані на рис. 2.15. Зусилля P_3 можна знайти за формулою [16]:

$$P_3 = ([\sigma_\tau] \cdot t^2 \cdot b) / (4 \cdot r_{\text{вт.з.}}). \quad (2.15)$$

Так як при переміщенні пуансона кут α_1 зменшується, то при цьому $\sin \alpha_1$ зменшується, а $\cos \alpha_1$ збільшується. Тоді можна очікувати, що крива зміни зусилля P_2 від кута α_1 буде мати максимум. Значення кута α_1 , яке відповідає максимуму зусилля гнуття згідно з [106], буде:

$$\alpha_1 = \arccos \left(1 / \left(\left(d_{\text{вт.з.}} / 2 \cdot (r_{\text{вт.вн.}} + t/2) \right) + 1 \right) \right). \quad (2.17)$$

Підставивши (2.15) та (2.17) в (2.14) і спростивши, отримаємо максимальне значення зусилля, що діє з боку пуансона:

$$P_{2\max} = \frac{[\sigma_\tau] t^2 b}{2 r_{\text{вт.з.}}} \left\{ \sqrt{1 - \left[\frac{2(r_{\text{вт.вн.}} + t/2)}{d_{\text{вт.з.}} + 2(r_{\text{вт.вн.}} + t/2)} \right]^2} + f \frac{2(r_{\text{вт.вн.}} + t/2)}{d_{\text{вт.з.}} + 2(r_{\text{вт.вн.}} + t/2)} \right\} \quad (2.18)$$

де $r_{\text{вт.вн.}}$ - внутрішній радіус втулки.

Робота, яка буде виконана при деформуванні половини довжини карточки в традиційних штампах методом гнуття:

$$A_{\text{шт}} = P_{2\max} \cdot (r_{\text{вт.з.}} - \delta_n).$$

Для повного згортання втулки загальна робота буде:

$$A_3 = 2 \cdot A_{\text{шт}} = 2 \cdot P_{2\max} \cdot (r_{\text{вт.з.}} - \delta_n). \quad (2.19)$$

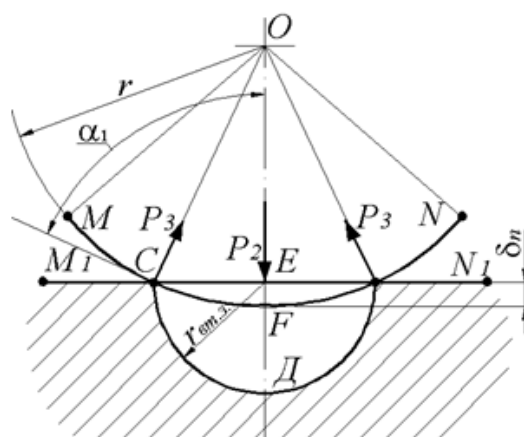


Рисунок 2.14 Розрахункова схема для визначення переміщення точки прикладання сили

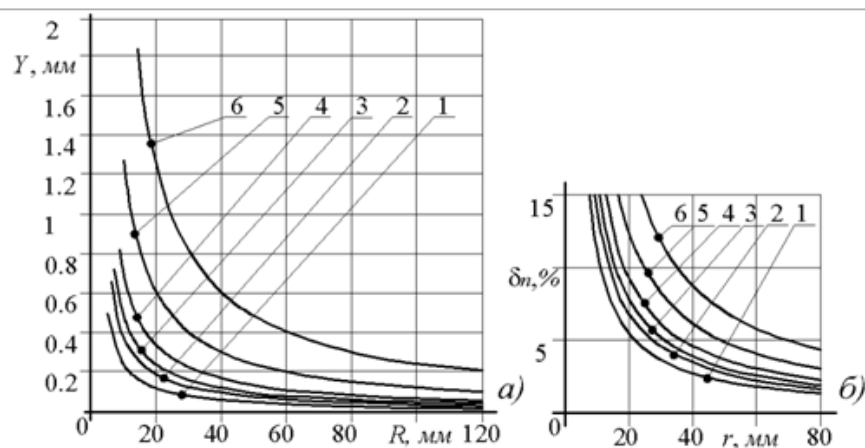


Рисунок 2.15 Графіки залежності $\delta_n = f(r)$: а) – в абсолютних значеннях; б) – в процентному відношенні; 1, 2, 3, 4, 5, 6 – відповідно для втулок ланцюгів з кроком 9,525; 12,7; 15,875; 19,05; 25,4 і 38,1 мм

З іншого боку, при послідовному деформуванні робота, яка буде виконана при транспортуванні карточки в матриці на віддаль $\pi \cdot d_{\text{вт.з.}}$, буде:

$$A_{\text{mp}} = P_M \cdot \pi \cdot d_{\text{вт.з.}}, \quad (2.20)$$

де P_m – зусилля, прикладене до торця карточки.

Порівнявши (2.19) і (2.20) та розв'язавши відносно P_m , отримаємо:

$$P_M = (2P_{2\text{max}} \cdot r_{\text{вт.вн.}} / (\pi \cdot d_{\text{вт.зов.}})). \quad (2.21)$$

На **четвертому етапі** визначимо загальну силу, яку потрібно прикласти до торця карточки, щоб здійснити її деформування, маючи у транспортному каналі m карточок.

При цьому накладемо обмеження з умови міцності на зминання.

$$P_{\text{заг}} \leq [\sigma_{\text{зм}}] \cdot t \cdot b, \quad (2.22)$$

де $[\sigma_{\text{зм}}]$ – допустима границя міцності на зминання.

З іншого боку умова міцності на зминання залишиться у вигляді:

$$P_{\text{заг}} = P_1 - Q_1 + Q_1 \cdot m + P_M \leq [\sigma_{\text{зм}}] \cdot t \cdot b. \quad (2.23)$$

Звідси визначимо кількість карточок, які одночасно знаходяться у транспортному каналі.

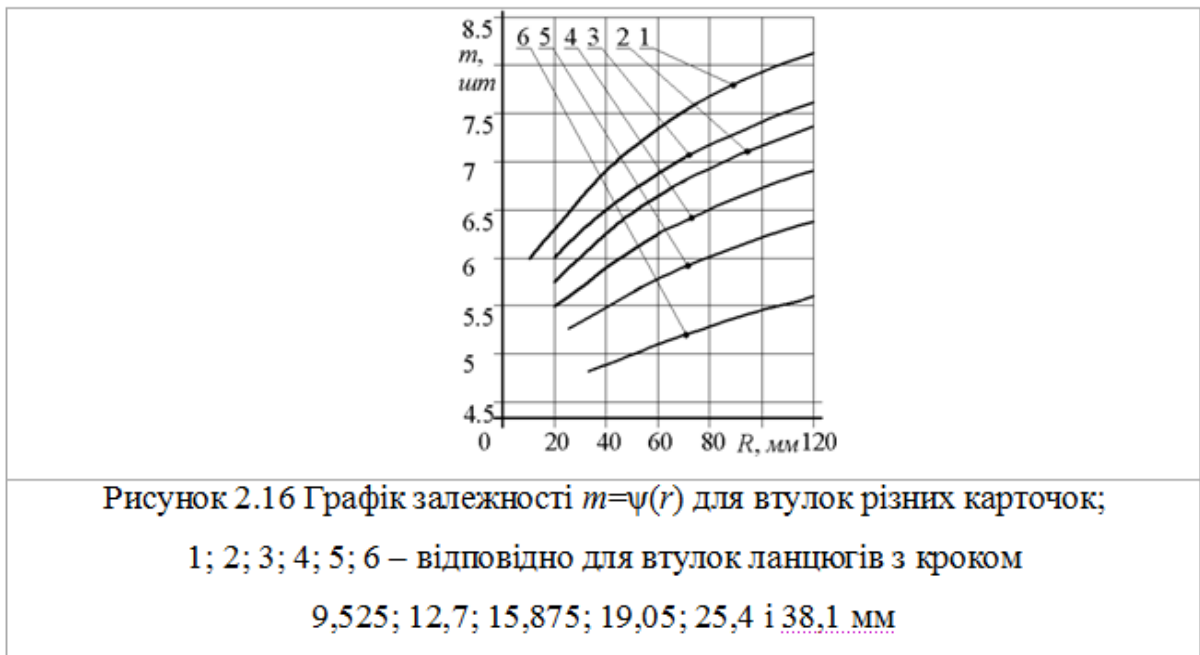
$$m = ([\sigma_{\text{зм}}] \cdot t \cdot b - P_M - P_1 + Q_1) / Q_1. \quad (2.24)$$

Графіки залежності $m = \psi(r)$ подані на рис. 2.16.

Для практичного конструювання технологічного спорядження із врахуванням (2.22) і (2.24) необхідно визначити кут β (див. рис. 2.9,б).

Значення β в градусах визначається за формулою:

$$\beta = (180^\circ \cdot m \cdot d_{\text{вт.з.}}) / r. \quad (2.25)$$



2.3. Теоретико-експериментально-статистичне дослідження приведеної сили тертя і величини відпружинення при переміщенні прямокутної карточки у транспортному каналі з постійним радіусом r

При використанні технології згортання плоскої заготовки (карточки) у втулку шляхом транспортування її каналом постійного радіуса r [7] постає завдання визначити максимально допустиму довжину цього каналу та кількість m карточок, які одночасно перебуватимуть у ньому в процесі формування втулок.

Як свідчать експерименти, значення mm обмежується припустимим напруженням на зминання, що виникає на торці останньої карточки, коли на неї діє пуансон із певним зусиллям. Під час переміщення прямокутної плоскої карточки по транспортному каналу вона зазнає як пластичної, так і пружної деформації (остання з'являється внаслідок відпружинення [6]). Через дію пружної деформації під час руху карточки в каналі виникають сили тертя, які є частиною загальної сили опору, що її має подолати зусилля пуансона, спрямоване на торець карточки.

Проблемі відпружинення листових заготовок присвячено чимало наукових робіт [11,19,33]. Найґрунтовніше це питання висвітлено в роботі

[6]. Однак у згаданих дослідженнях відпружинення здебільшого розглядали для оцінки точності лінійних і кутових розмірів при гнутті у штампах. На сьогодні у науковій літературі відсутні дані щодо впливу відпружинення на сили тертя під час руху прямокутної карточки в транспортному каналі радіусного типу. Це ускладнює впровадження прогресивних технологій формування (згортання) циліндричних втулок і перешкоджає оптимальному проєктуванню відповідного технологічного оснащення.

Отже, визначення приведеної сили тертя та величини відпружинення в процесі переміщення прямокутної карточки по транспортному каналу із заданим радіусом у контексті реалізації нових технологій виготовлення згортних втулок є актуальним завданням. Для розрахунку наведеної сили тертя звертаються до розрахункової схеми, зображеної на рис. 2.17.

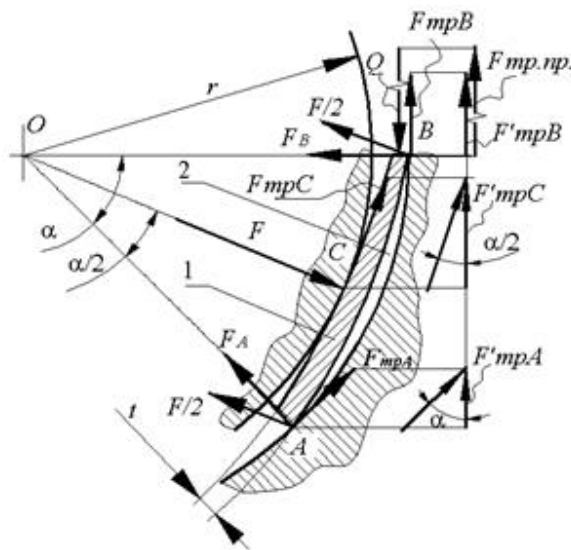


Рисунок 2.17 Розрахункова схема для визначення $F_{tr.pr.}$ при транспортуванні карточки в транспортному каналі з радіусом r

Заготовка 1 в положенні, яке показане на рис. 2.12, знаходиться в каналі 2 у пружно-пластичному стані. Внаслідок цього вона зазнала пластичної деформації, а також утримує пружну деформацію, що виникає внаслідок відпружинення. В точках A і B внаслідок дії сили F сили відпружинювання виникають відповідні реакції F_A і F_B , які дорівнюють:

$$F_A = F_B = F / (2 \cos \alpha / 2), \quad (2.26)$$

де α - центральний кут, що відповідає довжині дуги L , яка дорівнює довжині карточки, тобто $L = \pi d_c$, тут d_c – середній діаметр втулки, яка буде згорнута за запропонованою технологією [17].

На верхній торець карточки з боку пуансона діє сила Q , яка повинна бути більшою або дорівнювати сумі проекцій всіх складових сил тертя (приведеній силі тертя – $F_{mp. np.}$) на напрям дії Q .

В точках A , B і C сили тертя будуть відповідно дорівнювати:

$$F_{ATP} = F_{BTP} = (F \cdot f) / (2 \cos \alpha / 2); \quad (2.27)$$

$$F_{CTP} = F \cdot f, \quad (2.28)$$

де f – коефіцієнт тертя ковзання.

Проекції F'_{ATP} , F'_{BTP} і F'_{CTP} сил тертя F_{ATP} , F_{BTP} і F_{CTP} на напрям дії сили Q відповідно будуть дорівнювати:

$$F'_{ATP} = (F \cdot f \cdot \cos \alpha) / (2 \cos \alpha / 2); \quad (2.29)$$

$$F_{mpB} = (F \cdot f) / (2 \cos \alpha / 2); \quad (2.30)$$

$$F_{mpC} = F \cdot f \cdot \cos \alpha / 2. \quad (2.31)$$

З урахуванням (2.29), (2.30) і (2.31) приведена сила тертя, що створюється однією карточкою, визначиться із залежності:

$$F_{mp. np.} = Ff / 2 \cdot ((\cos \alpha / \cos \alpha / 2) + 2 \cdot \cos \alpha / 2 + (1 / \cos \alpha / 2)) \leq Q \quad (2.32)$$

;

Виразивши довжину карточки через діаметр втулки і подавши кут α як $\alpha = (\pi \cdot d_{em.c}) / (r + (t/2))$ та задавшись радіусом r і маючи товщину t карточки, яку розглядаємо як брус з прямокутним перерізом шириною b , залежність (2.32) запишемо як:

$$F_{mp. np.} = \frac{2E \cdot b \cdot t^3 \cdot f \cdot Y_{np}}{\pi^3 \cdot d_c^3} \times \left[\frac{\cos \frac{\pi \cdot d_c}{r + \frac{t}{2}}}{\cos \frac{\pi \cdot d_c}{2(r + \frac{t}{2})}} + 2 \cos \frac{\pi \cdot d_c}{2(r + \frac{t}{2})} + \frac{1}{\cos \frac{\pi \cdot d_c}{2(r + \frac{t}{2})}} \right] \leq Q, \quad (2.33)$$

де E – модуль пружності; Y_{np} – приведена величина відпружинення.

Позначивши $\frac{\pi \cdot d_c}{2(r + \frac{t}{2})} = \beta$, а $\frac{\pi \cdot d_c}{r + \frac{t}{2}} = 2\beta$, і підставивши у (2.34)

отримаємо:

$$F_{mp.np.} = \frac{8E \cdot b \cdot t^3 \cdot f \cdot Y_{np}}{\pi^3 \cdot d_c^3} \cdot \left[\frac{\cos 2\beta}{\cos \beta} + 2 \cos \beta + \frac{1}{\cos \beta} \right], \text{ винесемо } \cos \beta \text{ за}$$

дужки

$$F_{mp.np.} = \frac{8E \cdot b \cdot t^3 \cdot f \cdot Y_{np}}{\pi^3 \cdot d_c^3 \cos \beta} \cdot (\cos 2\beta + 2 \cos^2 \beta + 1), \text{ представимо } \cos 2\beta \text{ як}$$

$\cos 2\beta = \cos^2 \beta - \sin^2 \beta$ а 1 як $\cos^2 \beta + \sin^2 \beta$. Підставивши і спростивши, отримаємо:

$$F_{mp.np.} = (8E \cdot b \cdot t^3 \cdot f \cdot Y_{np} \cdot \cos \beta) / (\pi^3 \cdot d_c^3). \quad (2.35)$$

Для визначення $F_{mp.np.}$ провели експериментально-статистичні дослідження, використавши пристрій, конструктивна схема якого показана на рис. 2.18, і здійснивши обробку отриманих даних статистичними методами. Експериментальним об'єктом була вибрана карточка, яка служить заготовкою для втулки ПРВЛ з кроком 19,05 мм. НЗНА.

Радіус транспортного каналу $r=100$ мм, ширина карточки $b=17,75$ мм, товщина карточки $t=1,27$ мм. Матеріал заготовки сталь 65Г – відпалена.

На основі 1 закріплена вертикальна плита із транспортним каналом 5, який у нижній своїй частині спряжений з формовочною матрицею 4, всередині якої розміщена оправка 3. На шарнірі 7 встановлений важіль 8, на кінці якого закріплена шалька 10 з вантажем масою G . Початкове положення важеля – І, кінцеве – ІІ. На вертикальній плиті розміщена кутова шкала 9.

Експериментальне дослідження здійснювали наступним чином. У транспортний канал встановлювали карточку так, щоб важіль 8 знаходився у початковому положенні.

Внаслідок наявності відпружинення і пружної деформації виникає момент тертя:

$$M_{mp} = F_{mp.np.} \cdot l_1 = F_{mp.np.} \cdot \left(r + \frac{t}{2} \right), \quad (2.36)$$

де $l_1 = r + t/2$ – плече прикладеної сили $F_{mp.np.}$ у початковому положенні.

На шальку 10 встановлювали вантаж масою G , поступово збільшуючи її значення до $G_{кр}$ до того значення моменту, коли статичне тертя переходило в кінематичне і важіль починав рухатися за годинниковою стрілкою та повертався на певний кут β_l , переміщуючи при цьому і карточку 6 та змінюючи плече прикладеної сили, тобто:

$$M_{mp} = F_{mp.np.} \cdot \left(r + \frac{t}{2} \right) = G_{кр} \cdot g \cdot \cos \beta_1 \cdot l_0,$$

де l_0 – плече прикладеної сили $G \cdot g$ в початковому положенні. Зідки

$$F_{mp.np.} = (G_{кр} \cdot g \cdot \cos \beta_1 \cdot l_0) / \left(r + \frac{t}{2} \right). \quad (2.37)$$

Так як величина відпружинення і складові сили тертя є випадковими величинами, то для отримання достовірних значень здійснювали n -експериментів. За формулою (2.60) і за [20] визначили значення $F_{mp.npi}$ і Y_i .

На основі теореми Ляпунова висували гіпотезу, що випадкові величини $F_{mp.npi}$ і Y_i підпорядковані нормальному закону розподілу.

Визначали характеристики розсіювання: середні значення $\bar{F}_{mp.npi}$ $\bar{Y}$ і середньоквадратичні відхилення $\sigma(F_{mp.np.})$, $\sigma(Y)$. За критерієм Греббса перевіряли однорідність статистичного ряду значень $F_{mp.npi}$ і Y_i .

Результати експериментальних і розрахункових досліджень подані на рис. 2.19 та в таблиці 2.1.

Використавши критерій Колмогорова, встановили відповідність експериментального розсіювання теоретичному. Полігони і криві розсіювання величин $F_{mp.npi}$ і Y_i подані на рис. 2.19.

За розрахункові значення приймали максимальні величини $F_{тр.пр.}^{max}$ і Y_{max} , що відповідали квантилю 5% ризику.

Даний спосіб дозволяє з імовірністю $P=95\%$ розрахувати приведену величину відпружинення і максимальне значення приведеної сили тертя, що в перспективі дасть можливість знайти максимально можливу кількість карточок m у транспортному каналі з врахуванням умови забезпечення міцності на зминання, а також, знаючи m , що дозволить здійснити розрахунок схеми пристрою для формування втулок.

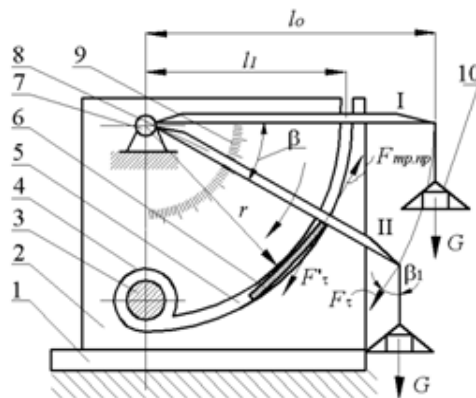


Рисунок 2.18 Конструктивна схема пристрою для експериментального визначення приведеної сили тертя

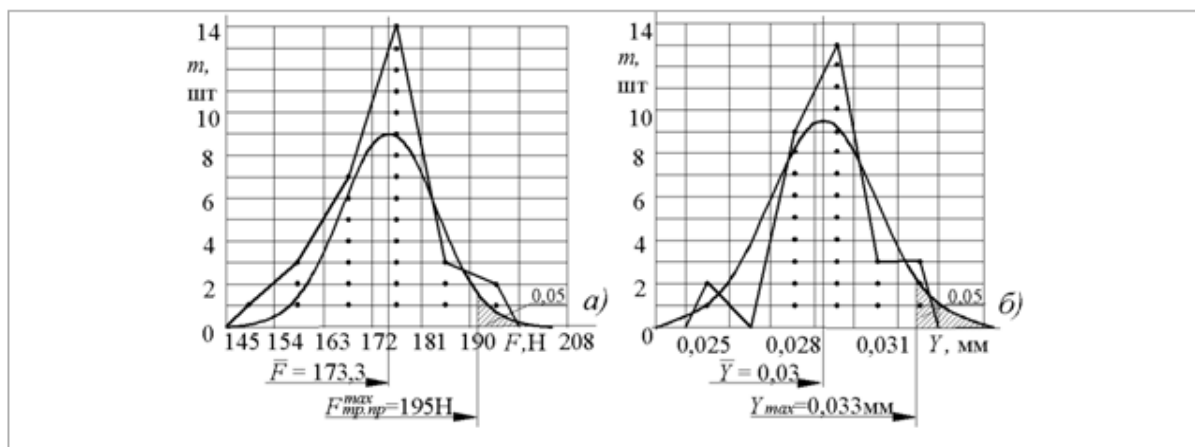


Рисунок 2.19 Полігони і теоретичні криві розсіювання:
а) – приведеної сили тертя $F_{тр.пр.}$; б) – приведеної величини відпружинення Y

Таблиця 2.1

Результати експериментальних даних випадкових величин $F_{тр.прі}$ і Y_i та характеристики їх розсіювання

Статистичний ряд значень, $F_{тр.пр.}$, Н – чисельник Y – знаменник (мм)		189,8/0,0329; 193,7/0,0336; 164,0/0,0284; 146,9/0,0255; 176,8/0,0302; 164,0/0,0300; 169,6/0,0306; 170,5/0,0300;	181,2/0,0341; 197,0/0,0341; 174,8/0,0303; 174,2/0,0302; 172,8/0,0281; 176,5/0,0281; 173,2/0,0291; 181,4/0,0301.	180,4/0,0313; 174,4/0,0302; 176,3/0,0306; 162,0/0,0281; 162,0/0,0300; 167,6/0,0309; 173,6/0,0307;	168,5/0,0292; 173,2/0,0300; 162,0/0,0281; 173,2/0,0255; 178,0/0,0306; 177,1/0,0284; 164,0/0,0294;
Характеристики розсіювання	$\overline{F}_{тр.пр.}$, Н / $\overline{Y}$ мм	173,3/0,030			
	$\sigma(F_{тр.пр.})$, Н / $\sigma(Y)$ мм	9,72/0,019			
Критерій Греббса, t_{KF} / t_{KY}		2,469/2,2105			
Критичне значення t'_{α} при $p=5\%$		2,792			
Квантиль імовірності 95%, $F_{тр.пр.}^{max} / Y_{max}$		195/0,033			
Коефіцієнт варіації, K_{varF} / K_{varY}		0,056/0,063			

3. НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

3.1. Заготовка для згортних втулок підвищеної точності форми

Згортні втулки широко використовуються у масовому виробництві приводних роликів та втулкових ланцюгів (ПРВЛ), загальна потреба в яких для народного господарства України перевищує 10 млн погонних метрів.

Аналіз літературних джерел показує, що одним із ключових показників якості згортних втулок, який суттєво впливає на їхню зносостійкість, є відхилення від круглості в поперечних перерізах. Це проявляється у вигляді прямолінійних ділянок на круглограмі та розкритості згортного шва.

Відхилення від круглості внутрішньої циліндричної поверхні (ВЦП) згортних втулок, спричинені технологічною спадковістю, не можуть бути повністю усунуті шляхом багаторазового калібрування у матрицях. Ба більше, процес калібрування призводить до значних навантажень, які постійно діють на калібруючі матриці в одних і тих самих зонах. Це спричиняє їхню втому, знижує стійкість, підвищує знос та зменшує ефективність технологічного процесу формування згортних втулок.

З метою підвищення точності форми внутрішньої циліндричної поверхні (ВЦП) згортних втулок запропоновано конструкторсько-технологічне рішення, яке дозволяє суттєво зменшити відхилення від круглості після формування втулок.

Задача вирішується шляхом виготовлення заготовки (рис. 3.1) для згортної втулки у вигляді плоскої прямокутної пластини визначеної довжини. Ширина ННН пластини відповідає висоті втулки, а товщина Δ – товщині її стінки.

На одному з кінців пластини 1, вздовж частини її довжини, формується частково-циліндрична оболонка 2. У поперечному перерізі, перпендикулярному до поздовжньої осі оболонки, радіус кривизни r_1 внутрішньої циліндричної поверхні оболонки становить половину діаметра внутрішньої циліндричної поверхні втулки. Радіус кривизни r_2 зовнішньої циліндричної поверхні оболонки дорівнює половині діаметра зовнішньої циліндричної поверхні втулки. Частково-циліндрична оболонка забезпечує попереднє формування втулки, зменшуючи відхилення від круглості на наступних етапах технологічного процесу в цьому ж перерізі обмежена центральним кутом $\Theta = \pi/4 \dots \pi$ і спряжена з іншою частиною плоскої прямокутної карточки 3, довжина якої дорівнює $L_{пл} = r(2\pi - \Theta)$, де $r = \Delta / \ln(r_2/r_1)$ - радіус кривизни нейтрального шару перерізу частково-циліндричної оболонки перпендикулярного до її поздовжньої осі.

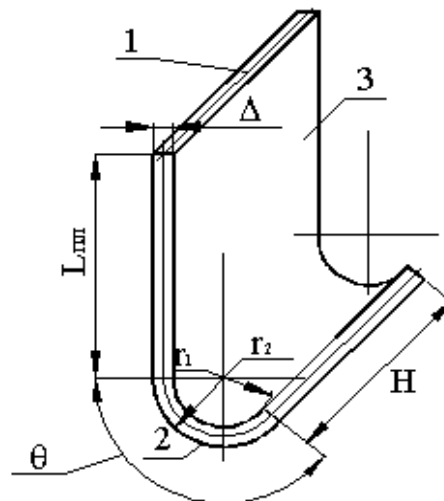


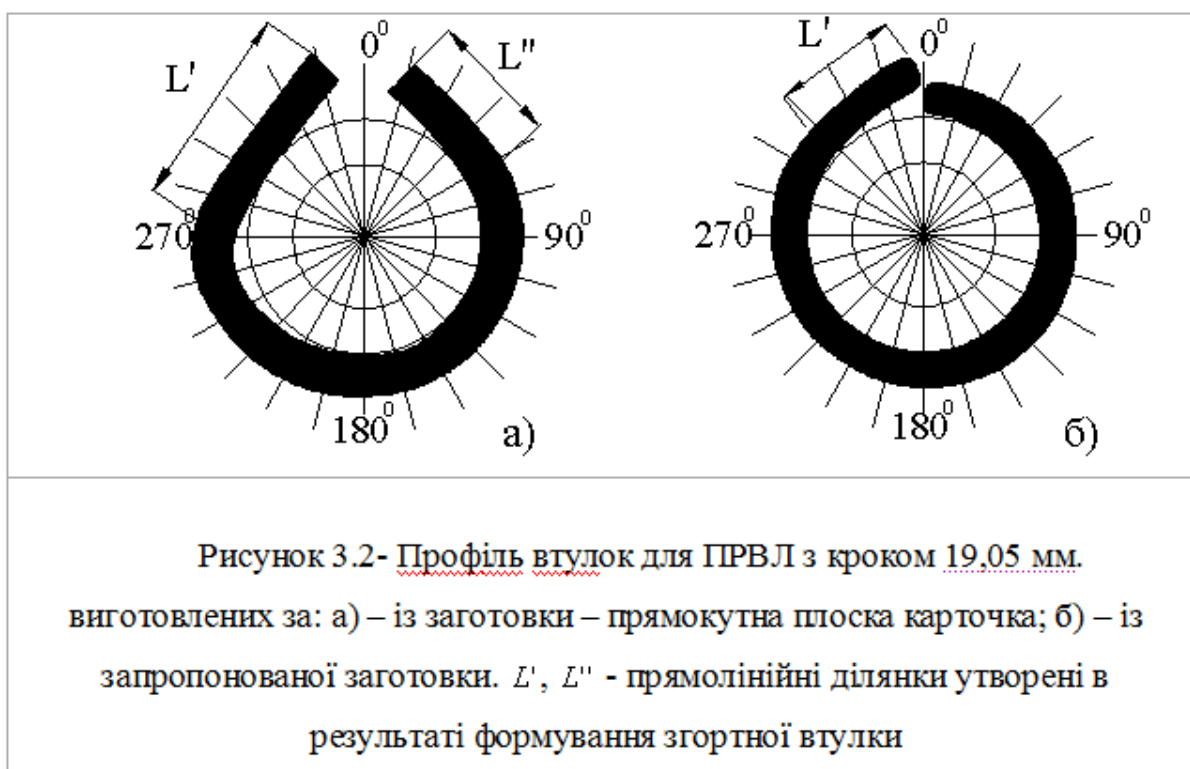
Рисунок 3.1 – Загальний вигляд запропонованої заготовки

Для оцінки характеристик круглості відповідно до вимог чинних стандартів було виготовлено дослідну партію запропонованих заготовок. З них

сформовано втулки за традиційною технологією в циліндричній матриці без використання оправки. Дослідна партія склала 30 штук.

Додатково, використовуючи традиційні заготовки у вигляді плоских прямокутних пластин, було сформовано ще 30 втулок за тією ж технологією

Торцевий профіль отриманих втулок після згортки поданий на рис. 3.2.



Для оцінювання форми внутрішньої циліндричної поверхні (ВЦП) втулок, виготовлених методом згортки плоских заготовок (карточок), використовували круглограми. Для кожної втулки за допомогою відомого методу отримували її круглограму, яка відображає відхилення ВЦП від базового прилягаючого кола. На кожній круглограмі вимірювали відхилення від базового кола у 24-х фіксованих положеннях. За початкову (нульову) точку під час вимірювань приймали положення, що відповідає лінії згортного шва. Для перевірки стабільності процесу застосовували критерій λ_0 [21]. Зокрема, перевіряли, чи не виходять значення відхилень за встановлені межі, що характеризують стабільність формоутворення. Провели серію із 30

досліджень (30 втулок, кожна з яких мала власну круглограму). Отримані відхилення в кожному з 24-х положень фіксували й заносили в таблицю. Для кожного з цих 24-х положень обчислювали середнє значення відхилень за результатами 30 вимірювань. Таким чином, усереднені відхилення у 24-х фіксованих положеннях (з початковою точкою в зоні згортного шва) дозволяють зробити висновки про характер і стабільність відхилень ВЦП втулок, а також про точність та повторюваність технологічного процесу згортання.

Відхилення ΔR_i мають характер випадкових похибок і являють собою випадкову стаціонарну неперервну періодичну функцію з періодом 2π , аргументом якої є кут повороту φ . Реалізації відхилень від круглості усередненої круглограми апроксимували тригонометричним рядом Фур'є

$$\psi(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} (a_k \cdot \cos kx + b_k \cdot \sin kx), \text{ де } a_0 - \text{вільний член; } a_k \text{ і } b_k -$$

тригонометричні коефіцієнти Фур'є.

Виконавши чисельне інтегрування випадкової функції $\psi(x)$ для 24-х

значень аргумента за формулами: $a_k = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{24} \psi(x_i) \cos \frac{ik\pi}{12};$

$$b_k = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{24} \psi(x_i) \sin \frac{ik\pi}{12}, \text{ визначили значення амплітуд } A_k = \sqrt{a_k^2 + b_k^2}.$$

Визначені значення амплітуд A_i середніх значень відхилень від круглості $\bar{\Delta}_{\text{трад.}}$ і $\bar{\Delta}_{\text{запроп.}}$ та дисперсій розсіювання $D(\Delta) = \sum_{i=1}^{10} A_i / 2$ подані в таблиці.

Таблиця 3.1 - Амплітуди і характеристики розсіювань відхилень від круглості.

Форма заготовки	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	A ₈	A ₉	A ₁₀	Середнє значення $\bar{\Delta}$, мкм	Диспер. розсіювання $D(\Delta)$
традиційна	216	172	233	169	99	56	52	45	27	19	228,8	$8,93 \cdot 10^4$
запропонована	114,5	27,8	58,7	42,4	19,8	21,7	11,5	10,4	7,3	5,2	57,3	$1,015 \cdot 10^4$

Згідно з критеріями Фішера та Стюдента [21], результати експериментальних вимірювань свідчать, що запропонована конструкція заготовки дає суттєвий позитивний ефект. Збільшено точність форми ВЦП втулки, що підтверджується зменшенням середнього відхилення від круглості. Зменшено дисперсію розсіювання значень відхилень від круглості, що вказує на підвищену стабільність та повторюваність процесу.

3.2. Конструкція згортної втулки для ПРВЛ з комбінованою формою стикового шва

У процесі складання внутрішніх ланок приводних роликів і втулкових ланцюгів (ПРВЛ) за традиційними технологіями поздовжні стикові шви згортних втулок у межах проміжку $[0; 2\pi]$ можуть набувати довільних кутових орієнтацій відносно напрямку зусилля, що передається робочою віткою ланцюгової передачі, а також відносно вектора швидкості руху цієї вітки. Ці положення швів можна описати кутами $\varphi_{iш}$, де $i_{ш}$ – порядковий номер шарніра.

Величина φ є випадковою і підпорядковується закону рівномовірного розподілу. Це означає, що певна кількість втулок може опинитися у таких положеннях, коли їхні поздовжні стикові шви (довжиною, яка дорівнює

висоті втулки) опиняться у зоні контакту між внутрішньою циліндричною поверхнею (ВЦП) втулки та валиком.

Згідно з даними [19,30], поздовжній стиковий шов згортної втулки може відігравати роль своєрідного «лезо», яке, взаємодіючи з валиком при його відносному провороті у втулці, викликає «скобління» поверхні валика. Це, у свою чергу, підвищує інтенсивність зношування шарнірів ПРВЛ.

Додатково, результати досліджень [13,24][13, 24][13,24] показали, що в зоні стикового шва порівняно з іншими ділянками ВЦП втулки спостерігаються найбільші похибки форми (відхилення від круглості і прямолінійності твірної). Якщо ця зона контактує з циліндричною поверхнею валика, утворюється кромковий контакт і зменшується фактична площа контакту у сполученні «втулка–валик», що призводить до зростання інтенсивності зношування.

Дослідження [13,24] показали, що в зоні стикового шва згортних втулок порівняно з іншими ділянками внутрішньої циліндричної поверхні (ВЦП) спостерігаються найбільші похибки форми. Це стосується як відхилень від круглості, так і відхилень від прямолінійності твірної ВЦП. Коли зона стикового шва вступає в контакт із циліндричною поверхнею валика, це може призводити до: утворення кромкового контакту, який зменшує фактичну площу взаємодії між втулкою та валиком; зростання питомих контактних напружень, що негативно впливає на трибологічні характеристики спряження; збільшення інтенсивності зношування шарнірів через нерівномірний розподіл навантажень. Таким чином, контакт у зоні стикового шва є критичною зоною для довговічності та працездатності втулкових шарнірів у приводних ланцюгах.

Відоме технічне рішення, спрямоване на недопущення лінійного контакту поздовжнього стикового шва втулки з валиком по всій її висоті, — це згортна втулка з гвинтовим стиковим швом [15], зображена на рис. 3.5. Її особливість полягає в тому, що заготовка (карточка), із якої формується

втулка, виготовлена у вигляді паралелограма. Така форма заготовки забезпечує циліндричну втулку з гвинтовим швом лише за умови, що кут нахилу суміжної сторони паралелограма до основи α дорівнює $\beta = \arctg 3H/2\pi D$, де β – гострий кут між основою паралелограма, яка дорівнює πD , і суміжною стороною; H – висота втулки; D – діаметр втулки.

Вироби такого типу [15] можуть застосовуватися, наприклад, як допоміжні підкладки у підшипниках ковзання. Однак їх використання в ролі згортних втулок ПРВЛ, які зазнають значних навантажень, неможливе з двох причин:

1. Відсутність потрібної міцності пресового з'єднання «втулка–пластина», що вимагається чинним стандартом як один із критичних параметрів працездатності ПРВЛ.
2. Неможливість запресувати таку втулку в отвори пластини через особливості її форми.

Отже, нагальним є створення конструкції такої згортної втулки, в якій по всій висоті втулки не виникав би лінійний контакт стикового шва з циліндричною поверхнею валика. Це дозволить покращити умови контакту в шарнірах ПРВЛ та зменшити інтенсивність їх зношування.

Максимальне допустиме зусилля, що може передатись робочою віткою ланцюгової передачі $F_{\max} = [p_{\max}] \cdot F_{on}$ [25], де $[p_{\max}]$ – рекомендований допустимий базовий тиск в шарнірі для певного типорозміру ланцюга при мінімальній частоті обертання ведучої зірочки; F_{on} – проекція опорної поверхні шарніра ПРВЛ [33].

Керуючись [8], можна визначити максимальну величину зони контакту внутрішньої циліндричної поверхні (ВЦП) згортної втулки та валика в шарнірі ПРВЛ, яку обмежено кутом контакту $2\varphi_0$ рис. 3.6.

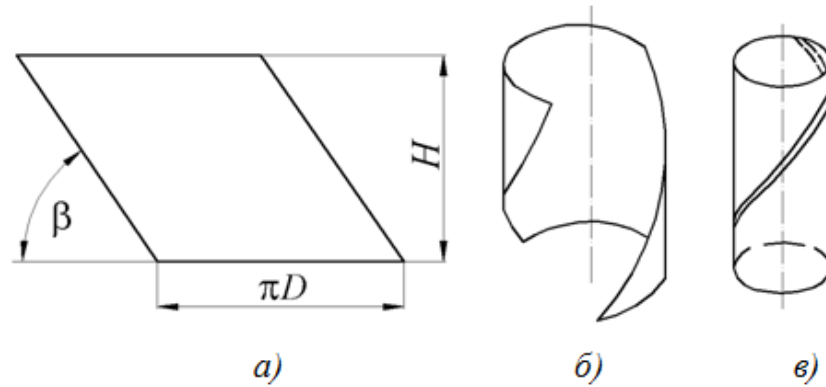


Рисунок 3.5 Етапи формування згортної втулки з гвинтовим стиковим швом
[8]: а) – заготовка (карточка); б) – часткова згортка втулки;
в) – згортна втулка

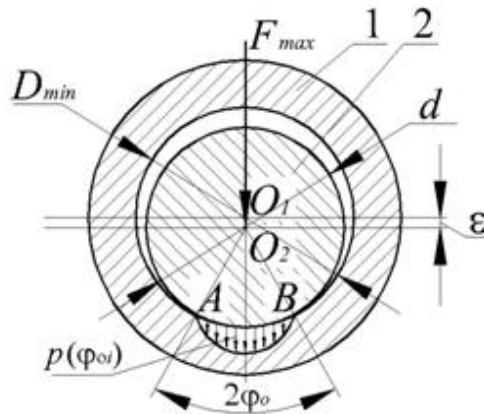


Рисунок 3.6 Схематичне зображення максимальної величини зони контакту
ВЦП згортної втулки і валика в шарнірі ПРВЛ: 1 – втулка; 2 – валик

$$2\varphi_0 = 2\arctg 2\sqrt{\left[\left((1-\mu^2)E_1 + (1-\mu_1^2) \cdot E\right) \cdot [p_{\max}] \cdot F_{on}\right] / (\pi \cdot E \cdot E_1 \cdot \varepsilon_{\min})}, \quad (3.1)$$

де μ і μ_1 – коефіцієнти Пуассона матеріалів валика і втулки, відповідно; E і E_1 – модулі пружності матеріалів валика і втулки, $МПа$, відповідно; D_{min} і d – відповідно діаметри: мінімальний внутрішній втулки і максимальний валика, $мм$; $\varepsilon_{\min} = (D_{\min} - d)/2$ – мінімальний радіальний зазор, $мм$.

Враховавши те, що у більшості випадків втулки і валики виготовляються із одного матеріалу, залежність (3.1) набуде вигляду:

$$2\varphi_0 = 2\arctg 2\sqrt{(2(1-\mu^2) \cdot [p_{\max}] \cdot F_{on}) / (\pi \cdot E \cdot \varepsilon_{\min})}. \quad (3.2)$$

Якщо взяти до уваги те, що втулка і валик виготовляються із сталі ($\mu=0,3$, $E \cdot 10^5$ МПа), а $[p_{\max}] = 54$ МПа [33], то кут контакту буде:

$$2\varphi_{0_{град}} = 2\arctg 0,0025\sqrt{F_{on}/\varepsilon_{\min}}, \text{ град}, \quad (3.3)$$

$$\text{або в радіанах} \quad 2\varphi_{0_{рад}} = 0,035\arctg 0,0025\sqrt{F_{on}/\varepsilon_{\min}}, \text{ рад} \quad (3.4)$$

Нами подана нова конструкція згортної втулки [10], рис. 3.6, а, а розгортка втулки показано на рис. 3.7, б. Фрагмент ПРВЛ із запропонованою втулкою показаний на рис. 3.8.

Особливістю запропонованої конструкції згортної втулки є наявність на стиковому шві двох прямолінійних ділянок, розташованих на його кінцях. Довжина кожної з цих ділянок дорівнює товщині пластини Δ внутрішньої ланки приводного роликового і втулкового ланцюга (ПРВЛ).

Водночас кут нахилу ω гвинтової частини стикового шва має обиратися таким чином, аби в процесі виготовлення втулки реалізовувався лише один «крок». Формулювання цієї умови забезпечує геометричну послідовність та плавність переходу від прямолінійних кінцевих ділянок до гвинтової частини стику, який дорівнює $H - 2\Delta$, визначається із залежності:

$$\omega = \arctg (\pi \cdot D) / (H - 2\Delta). \quad (3.5)$$

Наявність прямолінійних ділянок на стиковому шві втулки, виконаних на її краях, дає змогу запресувати втулку у відповідний отвір пластини. За умови достатнього натягу це забезпечує надійну міцність пресового з'єднання «втулка–пластина». Разом із тим, гвинтоподібне виконання центральної частини стикового шва дає змогу зберігати постійну довжину L_k лінії контакту гвинтового фрагмента стикового шва з циліндричною поверхнею валика (див. рис. 3.8).

На рис. 3.8 зображено сліди швів гвинтових на ВЦП втулок, які знаходяться в зоні контакту та поза зоною із циліндричною поверхнею валика, а $1_0, 2_0 \dots 11_0, 12_0$ і $1'_0, 2'_0 \dots 11'_0, 12'_0$ – позначено початкові й кінцеві

положення слідів рівномірно розміщених по колу гвинтових стикових швів втулок, і 1', 2' ... 11', 12' і 1'', 2'' ... 11'', 12'' – проміжні положення слідів.

Для визначення довжини контакту гвинтового стикового шва з циліндричною поверхнею валика звернемося до рис. 3.8.

Прийmemo до уваги що у контурі ПРВЛ буде $N=12$ шарнірів, отже розсіювання стикового шва втулки на проміжку $[0-2\pi]$ підпорядковане закону рівної імовірності, то прийmemo гіпотезу, що стикові шви втулок розміщені рівномірно з кутовим кроком $\alpha_k=\pi/6$ (умовно показано цифрами 1...12). З рис. 3.8 виходить, що $A_7B_7 = 0,5A_1B_1$.

Внаслідок паралельності прямих, які перетинаються під певним кутом двома іншими паралельними, можемо записати:

$$A_1B_1 = A_2B_2 = \dots = A_6B_6 = 2A_7B_7 = A_8B_8 = \dots = A_{12}B_{12} = L_k = (D_{\min} \varphi_0) / \sin \omega = \text{const.}$$

Виразивши у рівнянні (3.4) $\arctg$ через $\arcsin$, будемо мати:

$$\sin \omega = \pi D_{\min} / \sqrt{(H - 2\Delta)^2 + \pi^2 D_{\min}^2}. \quad (3.6)$$

З урахуванням (3.6) остаточно отримаємо:

$$L_k = 0,011 \arctg 0,0036 \sqrt{(F_{on} [(H - 2\Delta)^2 + \pi^2 D_{\min}^2]) / (D_{\min} - d_{\max})}. \quad (3.7)$$

Аналіз отриманої залежності (3.7) демонструє, що для конкретної пари поверхонь згортної втулки та валика певного типорозміру ПРВЛ (у вихідному стані після складання) величини F_{on} , $D_{\min}$, H , Δ і $d_{\max}$ постійні і не впливають на L_k , тобто $L_k = \text{const.}$

В таблиці 3.1 наведено окремі розмірні параметри запропонованих згортних втулок і їхніх розгорток для різних типорозмірів ПРВЛ. Завдяки гвинтовій ділянці на стиковому шві кожен шарнір ПРВЛ має постійну довжину контакту стикового шва з поверхнею валика. При цьому максимально можлива довжина лінії контакту $L_{\max}^{[f_0]} = L_k + 2\Delta$, виявляється у 1,9...2,44 раза меншою від аналогічної довжини контакту, що характерна для традиційного стикового шва при його взаємодії з валиком.

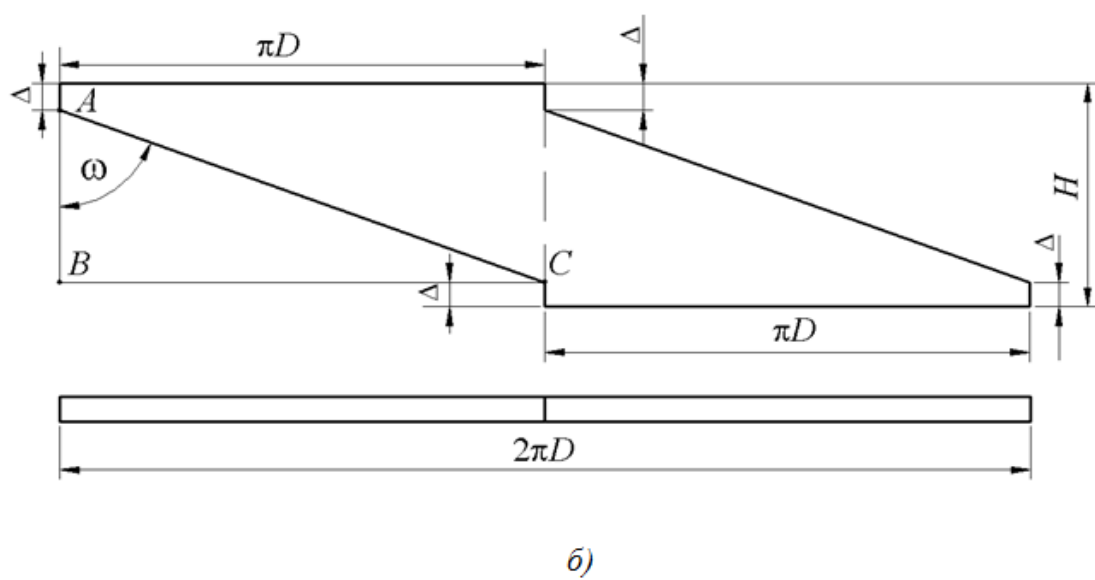
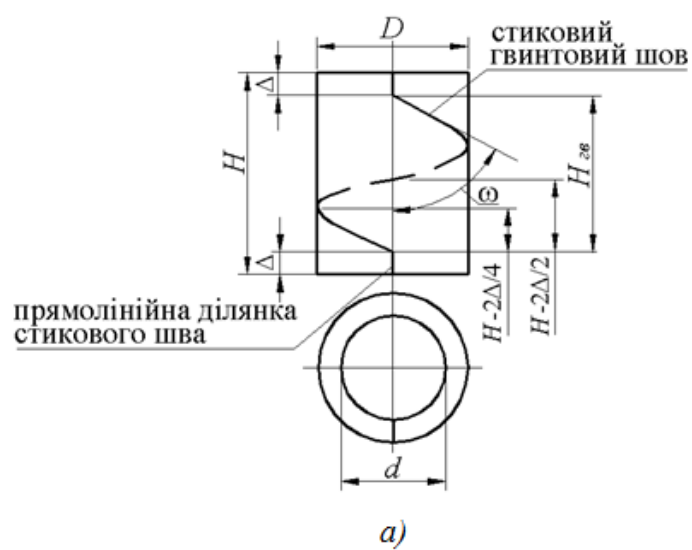


Рисунок 3.7 Схематичне зображення згортної втулки
нової конструкції – а) і її розгортки – б)

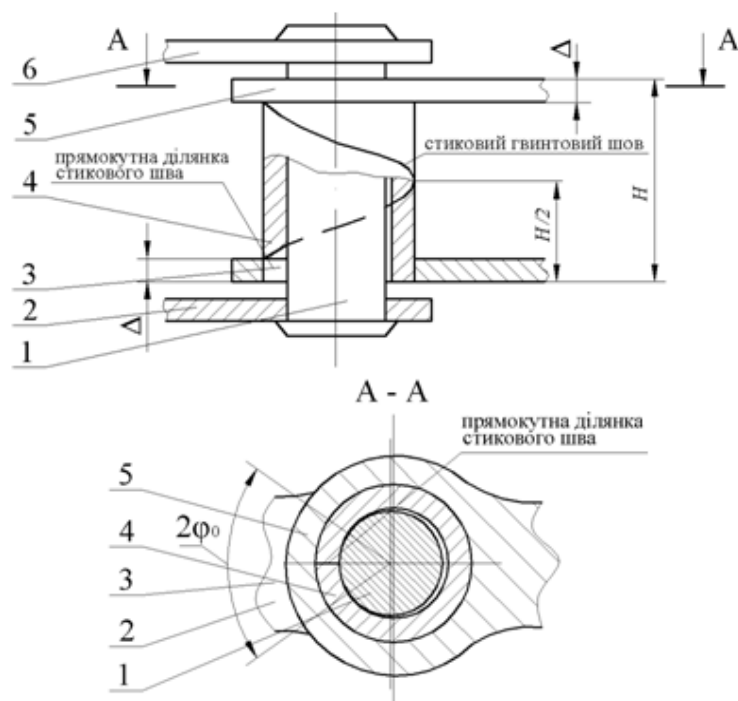


Рисунок 3.8 Фрагмент ПРВЛ із запропонованою втулкою: 1 – валик; 2, 6 – зовнішні пластини; 3, 5 – внутрішні пластини; 4 – згортна втулка

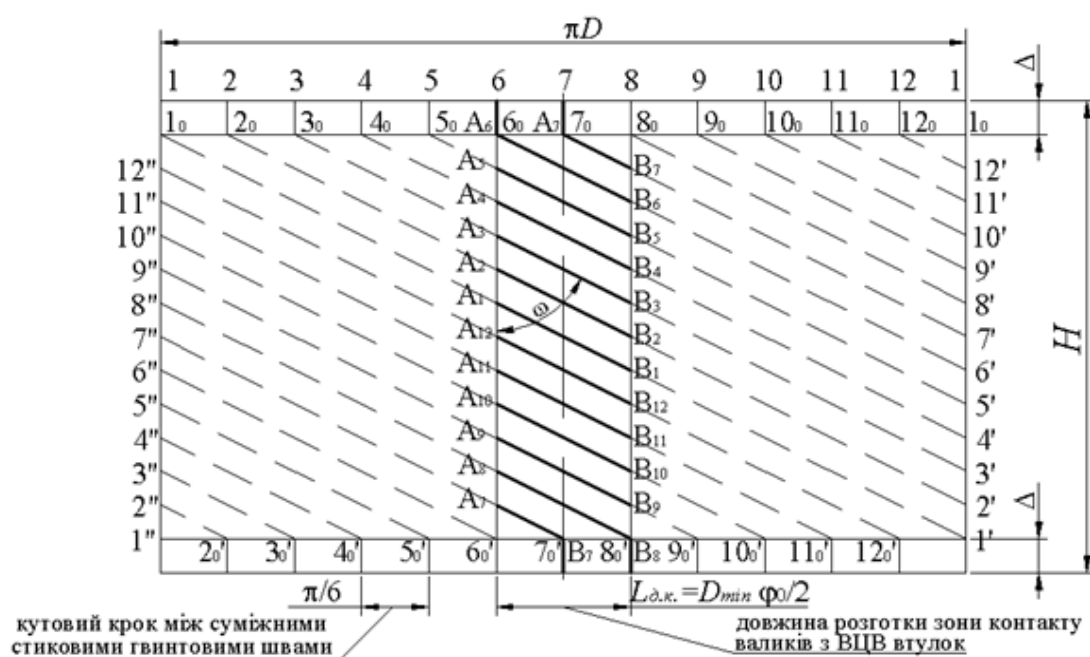


Рисунок 3.9 Схематичне зображення слідів розгорток рівномірно розміщених по колу стикових швів 12-ти згортних втулок

Розмірні параметри згортних втулок з гвинтовим стиковим швом і їх

розгортка

Конструктив. параметри втулок і карточок	ПРВЛ з кроком, мм	9,525	12,7	15,875	19,05	25,4	38,1
	$F_{on}, \text{мм}^2$	28,0	50,3	70,9	105,8	179,7	394,0
	$d, \text{мм}$	$3,58 \pm 0,005$	$4,45 - 0,02$	$5,08 - 0,02$	$5,96 - 0,05$	$8,51 - 0,05$	$11,1 - 0,05$
	$D, \text{мм}$	$3,65 \pm 0,02$	$4,54 \pm 0,04$	$5,17 \pm 0,05$	$6,06 \pm 0,05$	$8,6 \pm 0,05$	$11,17 \pm 0,05$
	$H, \text{мм}$	7,4	8,9	13,95	17,75	22,3	35,0
	$\Delta, \text{мм}$	1,3	1,6	1,8	2,4	3,0	4,3
	$\omega, \text{град}$	67,3	68,2	57,5	55,8	58,9	53,1
	$2\varphi_0, \text{град}$	24,4	29,6	34,8	39,9	53,1	79,9
	$L_k, \text{мм}$	0,975	1,465	2,105	2,873	5,275	10,877

Звернімо увагу, що у випадках, коли прямолінійні ділянки стикових швів згортних втулок потрапляють у зону контакту пари «втулка–валик» у шарнірах ПРВЛ, гвинтова ділянка шва, яка залишається в контакті, має сталу довжину лінії контакту. Для ПРВЛ з малими кроками ця довжина становить $9,525 \text{ мм} - 19,05 \text{ мм} - (0,13 \dots 0,16) \text{ Н}$, а для ПРВЛ з кроками 25,4 мм і 38,1 мм відповідно 0,24 Н і 0,31 Н.

Цікавим є вивчення того, як зі збільшенням радіального зазору ε (що виникає під час експлуатації ПРВЛ та зношування їх шарнірів, а отже веде до збільшення контактного кроку t) змінюються кут контакту 2φ і кількість шарнірів $n_{ш}$, чий прямолінійні ділянки опиняються в зоні контакту «втулка–валик». Для ланцюгових передач, у яких зірочки мають 50 і більше зубців, граничне зростання кроку t ПРВЛ візьмемо згідно з [25], де t_n — номінальний крок ланцюга. Припускаючи однакову інтенсивність зношування контактуючих поверхонь у шарнірах ПРВЛ, можна записати залежність, що дає змогу знайти максимально допустиме значення $[\varepsilon_{max}]$

$$[\varepsilon_{max}] = \varepsilon_{min} + 0,02t_n. \quad (3.8)$$

Використавши (3.3) і (3.8), побудували графіки залежності $2\varphi_0 = \psi(\varepsilon)$, які подані на рис.3.9.

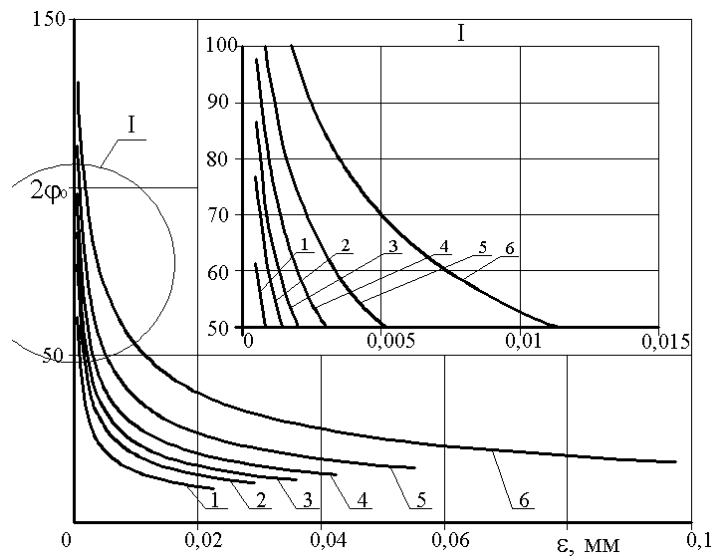


Рисунок 3.9 Графіки залежності зміни величини кута контакту в шарнірі ПРВЛ від радіального зазору ε ; 1, 2, 3, 4, 5, 6 – відповідно для ланцюгів з кроками: 9,525 мм, 12,7 мм, 15,875 мм, 19,05 мм, 25,4 мм, 38,1 мм.

Аналіз даних із рис. 3.9 свідчить, що зі збільшенням типорозміру та кроку ПРВЛ зростає вплив ε на $2\varphi_0$. Під час експлуатації, внаслідок зношування циліндричних поверхонь валиків і ВЦП втулок, величина ε збільшується, що призводить до зменшення кута контакту $2\varphi_0$ у шарнірах ПРВЛ.

Знаючи кількість шарнірів N у контурі ланцюгової передачі, припускаємо, що в діапазоні $[0; 2\pi]$ розсіювання положень прямолінійних ділянок стикових швів відповідає закону рівномірного розподілу. Визначивши кутовий крок $\alpha_k = 2\pi/N_k$, між ними, можна отримати залежність для обчислення ймовірної кількості шарнірів n , чиї прямолінійні ділянки стикових швів припадуть на зону контакту, за певних значень ε і $2\varphi_0$.

$$n_{uu} = N_k \arctg 2\sqrt{(2(1-\mu^2) \cdot [P_{\max}] \cdot F_{on}) / (\pi \cdot E \cdot \varepsilon)} / (180 + 1). \quad (3.9)$$

З урахуванням того, що в процесі експлуатації приводних роликів і втулкових ланцюгів (ПРВЛ) величина радіального зазору ε зростає, а кут контакту $2\varphi_0$ при цьому зменшується, із формули (3.9) випливає, що кількість

шарнірів n , прямолінійні ділянки стикових швів яких потрапляють у зону контакту «втулка–валик», також зменшується.

Таблиця 3.2

Кількість $n_{ш}$ прямолінійних ділянок стикових швів в зонах контакту шарнірів досліджуваних ПРВЛ в залежності від радіального зазору при $N_k=100$ шт.

$n_{ш}$	ПРВЛ з кроком, мм					
	9,525	12,7	15,875	19,05	25,4	38,1
	Значення радіального зазору ϵ : # – мінімальні після складання; * – максимальні після досягнення $\Delta t_{зр}$.					
2	0.228*					
3	0.196	0.299*	0.362*	0.431*		
4	0.11	0.197	0.278	0.415	0.553*	
5	0.07	0.125	0.177	0.264	0.448	0.797*
6	0.048	0.086	0.122	0.182	0.309	0.677
7	0.0375#	0.063	0.089	0.132	0.225	0.493
8		0.048	0.067	0.1	0.171	0.374
9		0.045#	0.053	0.078	0.133	0.292
10			0.045#	0.063	0.106	0.234
11				0.051	0.087	0.19
12				0.05#	0.072	0.157
13					0.06	0.132
14					0.051	0.111
15					0.045#	0.095
16						0.082
17						0.07
18						0.061
19						0.053
20						0.047
21						0.041
22						0.035#

У таблиці 3.2 наведено розрахункові дані цілих значень n для різних рівнів зазору ϵ , що виникають під час зношування шарнірів, які підтверджують цю закономірність.

З огляду на рівномірне розташування пш стикових швів у зоні контакту і N - швів за її межами, а також беручи до уваги, що тиск p у шарнірі ПРВЛ на дузі АВ (рис. 3.5) є змінним, можна стверджувати: як для шарнірів із кількістю швів пш у зоні контакту, так і для N -пш шарнірів поза

нею інтенсивність зношування буде різною. Це зумовлює зростання різнорозмірності контактних кроків ПРВЛ.

Аналіз даних таблиці 3.2 демонструє, що для кожного досліджуваного типорозміру ПРВЛ цілі значення пш (кількість прямих ділянок стикових швів втулок у межах зони контакту) при заданій кількості шарнірів N у контурі та величині опорної поверхні визначаються фіксованим радіальним зазором ε . Для всіх розглянутих типорозмірів ПРВЛ знайдено саме такі фіксовані значення ε , яким відповідають цілі числа пш

3.3. Технологічне спорядження для формування згортних втулок підвищеної точності форми

Технологічний процес виготовлення згортної втулки із заготовки, зображеної на рис. 3.3, згідно з [26]. Схематичне відтворення цього процесу подано на рис. 3.10, і він складається з кількох основних переходів:

1. Перший перехід (рис. 3.10, а, г)

- Формуючий пуансон 3 знаходиться у вихідному (початковому) положенні.
- Заготовка 2, виконана у вигляді прямокутної карточки, подається до упора 4, встановленого на матриці 1.
- Сила F_1 спрямована таким чином, що упор 4 розміщений на певній відстані L від осі пуансона 3. Ця відстань дорівнює чверті довжини карточки, тобто $L = \frac{1}{4} \ell$ (рис. 3.10, а, г).

2. Другий перехід (рис. 3.10, б)

- Пуансон 3 опускається і здійснює перше формування заготовки.
- На рис. 3.10, в і д показано кінцеве положення пуансона, а також форму заготовки 5 у матриці 1. Утворюється нерівностороння U-подібна заготовка, що складається з плоскої ділянки 6, тангенціально з'єднаної з частково циліндричною оболонкою 7.

3. Третій перехід (рис. 3.10, є)

- Нерівностороння U-подібна заготовка 5 подається за допомогою оправки 11 у формуючу матрицю 8.

- Формуюча матриця 8 містить плоску щілину 9, тангенціально спряжену з ВЦП 10 цієї матриці.

4. Четвертий перехід (рис. 3.10, ж і г)

- Пуансон 11 (шиберного типу) та заготовка 5 перебувають у проміжному положенні в матриці 8.

- За цей час відбувається остаточне формування заготовки 5.

5. П'ятий перехід (рис. 3.10, з)

- Пуансон 11 умовно не показано, а зображено вже сформовану згортну втулку 12.

- Вона розміщена на оправці 13 у формуючій матриці 8.

6. Шостий перехід (рис. 3.10, к)

- Сформована втулка 12 виштовхується з формуючої матриці 8 завдяки переміщенню оправки 13.

- Далі втулку 12 скеровують на операцію калібрування для остаточного формування та забезпечення необхідних розмірів.

Таким чином, за допомогою описаних переходів плоска заготовка (карточка) поступово перетворюється в згортну втулку, спочатку приймаючи нерівносторонню U-подібну форму, а потім згортаючись у необхідний циліндр у формуючій матриці.

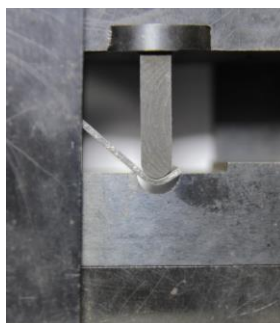
Матеріал згортної втулки – Сталь 65Г. Кресленням згортної втулки встановлені наступні розміри: зовнішній діаметр $D = 8,6_{-0,02}$ мм; внутрішній діаметр $d = 6,06^{+0,05}$ мм; висота втулки $H = 17,75_{-0,15}$ мм.

Визначивши довжину карточки L_k . Відповідно значення зовнішнього і внутрішнього діаметрів згортної втулки, що дорівнюють $D_{cp} = 8,59$ мм і $d_{cp} = 6,086$ мм. Радіус кривини r_n нейтрального шару згортної втулки як бруса великої кривизни ($\rho < 7h$), де h – розмір поперечного перерізу у площині кривини згідно з [7] визначився із залежності $r_n = h / \ln(R_{cp} / r_{cp})$ і у нашому

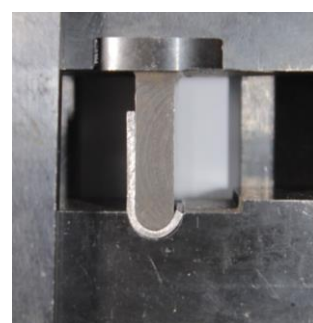
випадку $r_n = 3,629$ мм. Тоді номінальна довжина карточки як заготовки згортної втулки буде $L_k = 22,79$ мм.



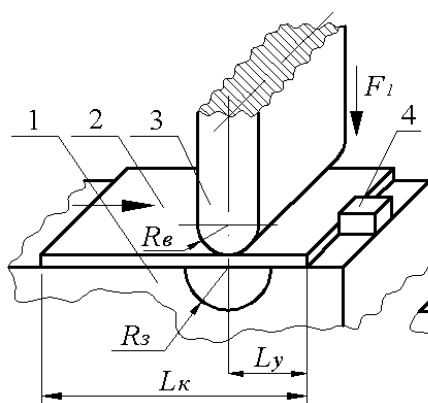
а)



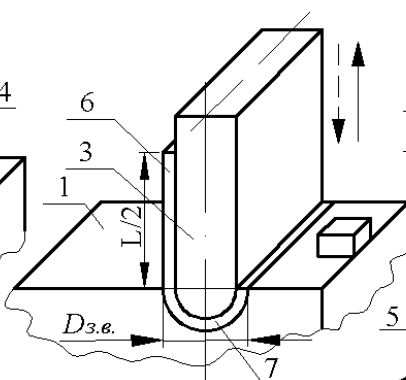
б)



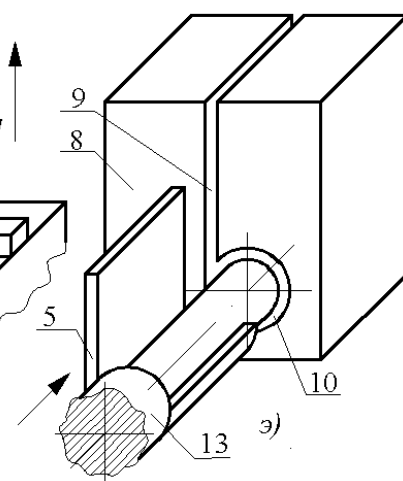
в)



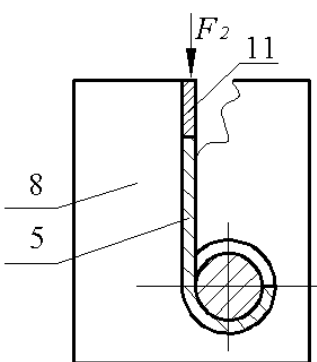
г)



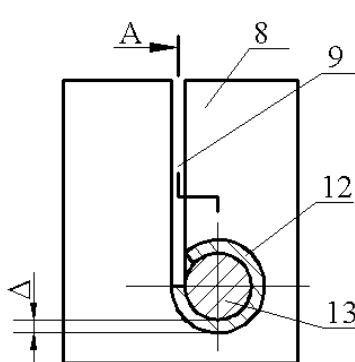
д)



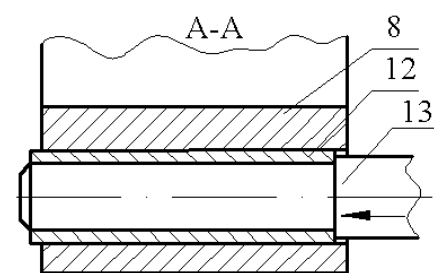
е)



ж)



з)



к)

Рисунок 3.10 Фотографії та схематичне зображення переходів технологічного процесу виготовлення згортної втулки

Перший перехід. Упор 4 встановлювали так, щоб відстань від лівого торця заготовки (карточки) до поздовжньої осі формуючого пуансона становила $L_4=13,535\text{мм}$.

Другий перехід. Формуючий пуансон навантажували зусиллям $F_1=4030\text{Н}$, утворюваним динамометром ДОР-0,5, який постійно рухався вниз. Унаслідок цього карточка зазнавала деформації, набуваючи нерівносторонньої U-подібної форми з прямолінійною ділянкою номінальної довжини $L_n=11,395\text{мм}$ та напівциліндричною панеллю з зовнішнім номінальним діаметром $d_n=8,6\text{ мм}$. Після завершення деформування пуансон повертався у вихідне (верхнє) положення.

Третій перехід. Нерівносторонню U-подібну заготовку підіймали вгору (на рис. 3.18, є не показано) до контакту її внутрішньої циліндричної частини з циліндричною поверхнею оправки. Потім оправку разом із заготовкою зміщували паралельно до її поздовжньої осі, доправляючи заготовку у плоску прямолінійну щілину та кільцевий циліндричний канал формуючої матриці.

Четвертий перехід. Під час утримування оправки нерухомою в осьовому напрямку прикладали зусилля $F_2 \approx 860\text{Н}$ до вільного верхнього торця прямолінійної ділянки заготовки. Під його дією заготовка переміщувалась у прямолінійно-циліндричній порожнині матриці, формуючи згортну втулку.

П'ятий перехід. Оправку переміщували зліва направо, виштовхуючи втулку з кільцевої порожнини формуючої матриці. Після цього оправку повертали у вихідне положення, готуючись до повторення всіх операцій із черговою заготовкою (карточкою), кожну виготовлену за описаним технологічним процесом згортну втулку (у партії з 20 штук) перевіряли на точність форми. Для цього:

Сканування торця втулки. Кожну втулку сканували з торця, отримане зображення збільшували у певному масштабі.

1. **Вписування кола в проекцію ВЦП.** У проекцію внутрішньої циліндричної поверхні (ВЦП) втулки вписували коло так, щоб воно дотикалося її принаймні у трьох точках.

2. **Оцінювання відхилення від круглості.** Визначали вибіркове середнє відхилення від круглості ЕФК, яке для цієї партії становило 0,625 мм.

Аналогічні вимірювання проводили для втулок, виготовлених за існуючим процесом на НЗНА (традиційна технологія). Для них вибіркове середнє відхилення від круглості ЕФК дорівнювало 0,826 мм. Отже, новий спосіб формування згортної втулки дає змогу зменшити відхилення від круглості в 1,32 рази порівняно з традиційним.

Таким чином, застосування запропонованого способу формування згортної втулки дозволяє:

- Підвищити точність форми втулки вже безпосередньо після її виготовлення з плоскої заготовки.
- Скоротити кількість дороговартісних твердосплавних калібрувальних фільтер завдяки зростанню їх стійкості (довговічності), що сприяє одержанню певного економічного ефекту.

Удосконалення існуючого процесу на НЗНА. Існуючий на НЗНА технологічний процес формування згортної втулки з плоскої прямокутної карточки можна покращити шляхом використання пристрою [98], показаного на рис. 3.19. Для випадків, коли заготовки мають іншу конструкцію (див. рис. 3.1 та рис. 3.2), у конструкції пристрою (рис. 3.11) варто передбачити радіусне виконання транспортного каналу із заданою кривиною. Головна відмінність запропонованого пристрою від існуючих, зокрема на НЗНА, полягає в тому, що діаметр D_m формуючої матриці дещо більший за зовнішній діаметр згортної втулки.

Опис конструкції пристрою (рис. 3.11, а).

У корпусі 1, закріпленому на плиті 2, виконано центральний канал 3, який виконує функцію формуючої матриці.

Цей канал спряжений із плоским транспортним каналом 4, де розміщені листова заготовка-карточка 5 та шибер 6, з'єднаний з пуансоном 7.

У циліндричному каналі співвісно та з можливістю осьового переміщення встановлено ступінчасту циліндричну оправку 8, яка складається з двох ступенів: 9 (більшого діаметра D) і 10 (меншого діаметра d).

По всій довжині ступеня 9 на оправці 8 є напівлиска 11 глибиною t , горизонтальна сторона 12 якої збігається з горизонтальною нормаллю 13 (рис. 3.11, б). Вона розташована у площині, перпендикулярній до поздовжньої осі каналу (рис. 3.11, а, д).

По всій довжині ступеня 10 оправки 8 виконано лиску 15 (рис. 3.11, б, г), «стягнуту» центральним кутом β (рис. 3.11, г), утвореним між горизонтальною нормаллю 13 до кола 14 (рис. 3.11, д) та прямою, яка сполучає центр цього кола з точкою перетину кола зі слідом внутрішньої поверхні 16 прямолінійної транспортної щілини 4 (рис. 3.11, а).

До корпусу 1, на боці, протилежному ступеню 9 оправки 8, жорстко й співвісно з центральним каналом приєднано вузол калібрування 17 (рис. 3.11, б). Цей вузол складається зі стакана 18 із центральним отвором 19 у дні 20. У стакані встановлено суцільну деформуючу фільтеру 21 та калібруючу фільтеру 22, яка виготовлена з двох частин: більшої 23 і меншої 24 (рис. 3.11, д). Менша частина 24 калібруючої фільтери 22 розташована так, що вісь її симетрії у перпендикулярному до осі оправки 8 напрямку утворює кут $\beta/2$ із горизонтальною нормаллю 13 кола 14.

Послідовність роботи пристрою.

1. За верхнього крайнього положення пуансона 7 із закріпленим у ньому шибером 6 (на фігурі не показано) та крайнього лівого положення ступінчастої циліндричної оправки 8 (рис. 3.11, б) листову заготовку 5 подають у транспортну щілину 4.

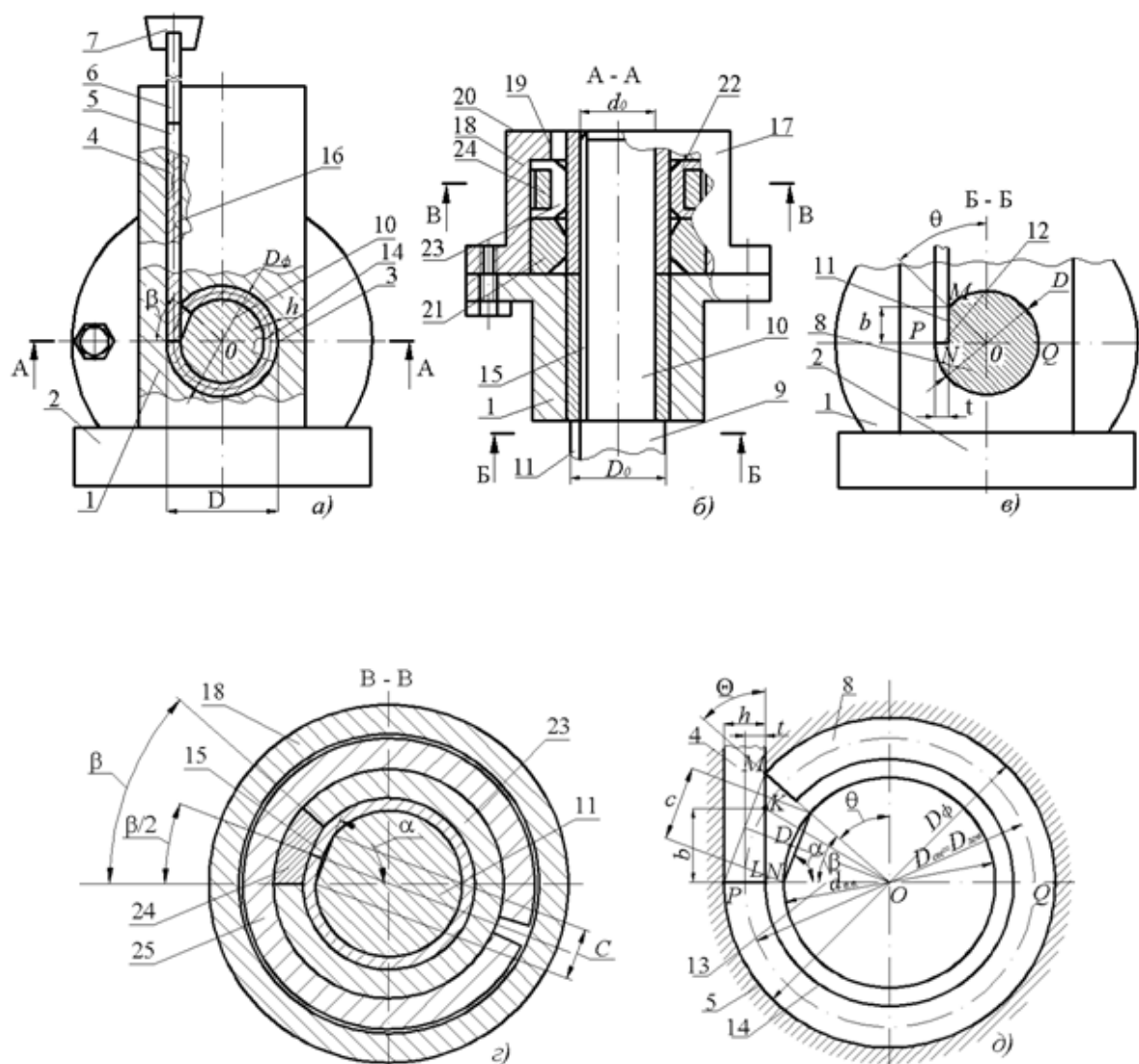


Рисунок 3.11 Пристрій для формування і калібрування згортних втулок:
 а – головний вигляд; б – переріз А-А; в – переріз Б-Б; г – переріз В-В; д –
 розрахункова схема

Під час переміщення пуансона 7 шибера 6, зазнаючи зусилля формування, рухається вертикально вниз. При цьому листова заготовка 5, просуваючись по транспортній щілині 4, потрапляє у циліндричну кільцеву порожнину, утворену внутрішньою циліндричною поверхнею каналу 3 та зовнішньою циліндричною поверхнею ступеня 9 (більшого діаметра D) оправки 8. Заготовка деформується, набуваючи циліндричної форми.

2. Оскільки діаметр D циліндричного каналу 3 дещо перевищує зовнішній діаметр згорнутої втулки D_v , то передній торець листової заготовки не контактуватиме з її заднім торцем, розташовуючись під деяким кутом β . Це не заважає подальшому опусканню шибера 6 у його крайнє нижнє положення.

3. Після цього циліндричну оправку 8 зміщують зліва направо, і торець ступеня 9 переміщує згорнуту втулку вздовж циліндричного каналу 3. Коли передній торець втулки торкається суцільної деформуючої фільери 21 та проходить крізь неї, відбувається додаткове формування згорнутої втулки. Далі, при прошовхуванні втулки крізь калібруючу фільєру 22 (зокрема, через її меншу частину 24) виконується додаткове калібрування, що призводить до закриття стикового шва втулки.

4. Після завершення переміщення оправки 8 та вишовхування згорнутої втулки з калібрувального вузла 17 оправку 8 і шибера 6 повертають у вихідне положення, готуючи пристрій до повторення процесу.

Для визначення основних конструктивних параметрів пристрою використовують рис. 3.11, а, в і розрахункову схему на рис. 3.11, д.

При цьому накладена умова, що довжина дуги MQP - L_{MQP} повинна дорівнювати довжині кола з діаметром, який дорівнює зовнішньому діаметру згортої втулки D_ϕ , тобто

$$L_{MQP} = \pi D_\phi. \quad (3.10)$$

Величину L_{MQP} виразимо залежністю:

$$L_{\text{МҚР}} = (3\pi/2 + \theta)D_{\text{с}}/2. \quad (3.11)$$

Із $\triangle OMN$ будемо мати $ON/OM = \cos \theta$. В свою чергу $ON = OP - PN = D_{\text{с}}/2 - h$; $OM = D_{\text{с}}/2$; тут h – товщина листової заготовки.

Тоді $\cos \theta = (D_{\text{с}}/2 - h)/D_{\text{с}}/2 = 1 - 2h/D_{\text{с}}$. Звідки

$$\theta = \arccos(1 - 2h/D_{\text{с}}) \text{ (град)}, \text{ або } \theta = 0,0174 \cdot \arccos(1 - 2h/D_{\text{с}}) \text{ (рад)}. \quad (3.12)$$

Підставивши (3.45) в (3.44) і отримане в (3.43) значення та спростивши, отримаємо залежність зовнішнього діаметра втулки $D_{\text{с}}$ від діаметра $D_{\text{ф}}$ формуючої матриці:

$$D_{\text{с}} = D_{\text{ф}} [1 - (\arccos(1 - 2h/D_{\text{ф}})/2\pi)] \quad (3.13)$$

Для згортних втулок ПРВЛ та згортної шкворневої втулки ходової частини автомобілів УАЗ значення діаметрів втулок і діаметрів формуючих матриць подані у табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Значення номінальних діаметрів $D_{\text{фн}}$ формуючих матриць (ФМ) в залежності від номінальних зовнішніх діаметрів $D_{\text{сн}}$ згортних втулок (ЗВ) ПРВЛ різних виробників та шкворневих згортних втулок (ШВ) для автомобілів марки УАЗ

Параметри ЗВ, ШВ, ФМ	Згортна втулка для ПРВЛ з кроками t - мм							5 ШВ
	1 9,525	1 * 12,700	1 ** 12,700	1 15,875	2 19,050	3 25,400	4 38,100	
$D_{\text{сн}}$, мм	5,060	5,260	6,400	7,170	8,600	11,250	17,060	31,50
Товщина стінки ЗВ і ШВ h , мм	0,725	0,770	0,932	1,000	1,270	1,500	2,860	1,800
$D_{\text{фн}}$, мм	5,715	5,960	7,250	8,100	9,750	12,670	19,050	34,000
1, 2, 3, 4 і 5 – відповідно для виробників: Даугавпілського (Латвія); Краматорського (Україна); Тернопільського (Україна). * і ** - відповідно для велосипедів і мотоциклів.								

Глибина напівлиски $t_{\text{л}}$ визначиться із рис. 3.11, ∂ і за формулою:

$$t_{\text{л}} = h - (D_{\text{ф}} - D_{\text{о}})/2, \quad (3.14)$$

тут D_o – діаметр оправки, а ширина b цієї напівлиски визначиться із $\triangle OKN$ (рис. 3.11, ∂), врахувавши, що $b = KN$; а $OK = D_o/2$ і $ON = D_\phi/2 - h$, за формулою

$$b = 0,5\sqrt{D_o^2 - D_\phi^2 + 4D_\phi h - 4h^2}. \quad (3.15)$$

Величину кута β визначимо, скориставшись $\triangle OMN$:

$$\beta = \arccos(1 - 2h / D_\phi). \quad (3.16)$$

Ширину лиски c визначимо із прямокутного трикутника ONL :

$$c = (D_\phi - 2h) \sin[0,5 \arccos(1 - 2h / D_\phi)]. \quad (3.17)$$

Кут нахилу α лиски 15 до нормалі кола з діаметром D_ϕ , яка проходить через точку N визначиться із залежності:

$$\alpha = 0,5[\pi - \arccos(1 - 2h / D_\phi)] \text{ рад}. \quad (3.18)$$

Отримані залежності (3.10) - (3.18) і дані таблиці 3.3 дають можливість проектувати пристрої для формування згортних втулок із листової заготовки у вигляді прямокутної карточки.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1.1. Типова інструкція для обслуговуючого персоналу на випадок виникнення аварії, пожежі

1. При роботі на деревообробних верстатах ситуації, які можуть привести до аварії і нещасних випадків, являються наслідком: ураження електричним струмом, вильоту заготовок та їх осколків, вильоту інструменту, відсутності захисних огорожень.

2. У разі виникнення аварійної ситуації треба негайно відключити верстат від електромережі, загородити небезпечну зону, не допускати в неї сторонніх осіб.

3. Повідомити про те, що сталося, керівника робіт.

4. Якщо є потерпілі, необхідно надавати їм першу медичну допомогу; при необхідності, викликати швидку медичну допомогу.

5. Надання першої медичної допомоги:

5.1. Надання першої медичної допомоги при ураженні електричним струмом:

У разі ураження електричним струмом необхідно негайно звільнити потерпілого від дії електричного струму, відключивши електроустановку від джерела живлення, а при неможливості відключення – відтягнути його від струмоведучих частин за одяг або застосувавши підручний ізоляційний матеріал. У разі відсутності у потерпілого дихання і пульсу необхідно робити йому штучне дихання і непрямий (зовнішній) масаж серця, звернувши увагу на зіниці. Розширені зіниці свідчать про різке погіршення кровообігу мозку. При такому стані необхідно негайно приступити до оживлення потерпілого і викликати швидку медичну допомогу.

5.2. Перша допомога при пораненні:

Для надання першої допомоги при пораненні необхідно розкрити індивідуальний пакет, накласти стерильний перев'язочний матеріал, що міститься у ньому, на рану і зав'язати її бинтом. Якщо індивідуального пакету якимсь чином не буде, то для перев'язки необхідно використати чисту носову хустинку, чисту полотняну ганчірку і т. ін. На те місце ганчірки, що приходить безпосередньо на рану, бажано накапати декілька крапель настойки йоду, щоб одержати пляму розміром більше рани, а після нього накласти ганчірку на рану. Особливо важливо застосовувати настойку йоду зазначеним чином при забруднених ранах.

5.3. Перша допомога при переломах, вивихах, ударах:

При переломах і вивихах кінцівок необхідно пошкоджену кінцівку укріпити шиною, фанерною пластикою, палицею, картоном або іншим подібним предметом.

Пошкоджену руку можна також підвісити за допомогою перев'язки або хустки до шиї і прибинтувати до тулуба. При переломі черепа (несвідомий стан після удару голови, кровотеча з вух або роту) необхідно прикласти до голови холодний предмет (грілку з льодом або снігом, чи холодною водою) або зробити холодну примочку.

При підозрінні перелому хребта необхідно потерпілого покласти на дошку, не підіймаючи його, чи повернути потерпілого на живіт обличчям униз, наглядаючи при цьому, щоб тулуб не перегинався, з метою уникнення ушкодження спинного мозку.

При переломі ребер, ознакою якого є біль при диханні, кашлю, чханні, рухах, необхідно туго забинтувати груди чи стягнути їх рушником під час видиху.

5.4. Надання першої допомоги при теплових опіках:

При опіках вогнем, парою, гарячими предметами ні в якому разі не можна відкривати пухирі, які утворюються, та обв'язувати опіки бинтом.

При опіках першого ступеня (почервоніння) обпечене місце обробляють ватою, змоченою етиловим спиртом.

При опіках другого ступеня (пухирі) обпечене місце обробляють спиртом, 3%-ним марганцевим розчином або 5%-ним розчином таніну.

При опіках третього ступеня (зруйнування шкіряної тканини) накривають рану стерильною пов'язкою та викликають лікаря.

5.5. Перша допомога при кровотечі:

Для того, щоб зупинити кровотечу, необхідно:

- підняти поранену кінцівку вверх;
- кровоточиву рану закрити перев'язочним матеріалом (із пакета), складеним у клубочок, придавити 2 зверху, не торкаючись самої рани, потримати на протязі 4-5 хвилин; якщо кровотеча зупинилася, то не знімаючи накладеного матеріалу, поверх нього покласти ще одну подушечку з іншого пакета чи кусок вати і забинтувати поранене місце (з деяким натиском);
- при сильній кровотечі, яку не можна зупинити пов'язкою, застосовується здавлювання кровоносних судин, які живлять поранену область, за допомогою згинання кінцівок в суглобах, а також пальцями, джгутом або закруткою; при великій кровотечі необхідно терміново викликати лікаря.

6. У разі виникнення пожежі викликати пожежну частину та приступити до гасіння її наявними засобами пожежогасіння.

7. Виконувати всі вказівки керівника робіт по ліквідації небезпеки.

4.2. БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.2.1. Оцінка стійкості роботи промислового підприємства до впливу вражаючих факторів

Стійкість роботи об'єкта - це здатність в умовах військового часу виготовляти продукцію в запланованому об'ємі і номенклатурі, а при одержанні слабких і частково середніх руйнувань відновлювати своє виробництво в мінімальні терміни. Ціль оцінки стійкості об'єкта полягає у виявленні слабких

його елементів, щоб у подальшому провести інженерно-технічні заходи, спрямовані на підвищення стійкості об'єкта в цілому [25].

Оцінка стійкості роботи об'єкта - це всебічне вивчення підприємства з погляду спроможності його протистояти впливу вражаючих факторів ядерного вибуху, продовжувати роботу і відновлювати виробництво при одержанні слабких руйнувань.

Промислові підприємства відрізняються одне від одного як по конструктивному рішенню, так і по технологічному процесі. Відмінності об'єктів полягають в будинках і спорудах, устаткуванні і технології виробництва, комунально-енергетичних мережах і території, на якій розташований об'єкт. Тому в усіх випадках оцінка стійкості кожного об'єкта має свої особливості і вимагає конкретного підходу до рішення цього питання. У даному випадку розглянемо загальні для всіх об'єктів питання оцінки їх стійкості до впливу вражаючих факторів зброї масового знищення.

Оцінка стійкості роботи об'єкта починається з вивчення району розташування. Об'єкт може знаходитися в місті, за межею його проектної забудови і на деякій віддалі від міста. Досліджується територія району, його структура, щільність і тип забудови, сусідні об'єкти і можливість виникнення на них вторинних чинників поразки. На об'єкті визначаються щільність забудови,

розміщення основних будинків і споруджень, що впливають на характер руйнування, можливе утворення завалів і виникнення пожеж. Особлива увага приділяється ділянкам, де можливе виникнення небезпечних вторинних чинників ушкоджень. Беруться на облік усі будинки і споруди, робиться оцінка їх статичної стійкості. Вивчають кожен цех і його окремі елементи як по конструктивному рішенню, так і за матеріалами, що були використані в будівництві.

Розглядаються умови розміщення внутрішнього технологічного устаткування і визначаються види руйнувань і ушкоджень, що можуть мати місце при ядерному вибуху і заваленні огорожувальних конструкцій цехів. Особливо важливо визначити захист цінного й унікального устаткування, насиченість

виробництва автоматикою і можливість продовження виробництва у випадку виходу з ладу контрольно-вимірювальної апаратури. Обстежуються комунально-енергетичні системи об'єкта і робиться оцінка стійкості споруджень і ліній, тобто визначаються параметри вражаючих факторів, при яких комунально-енергетичні мережі одержать ті або інші руйнування.

Визначається забезпеченість працюючих захисними спорудженнями: встановлюється кількість сховищ, укриттів і оцінюються їхні захисні властивості. Вивчається система керування, зв'язку й оповіщення на основі вивчення стану захищених пунктів керування, вузлів і ліній зв'язку. Аналізується система матеріально-технічного постачання і виробничих зв'язків. Встановлюється об'єм запасів і можливих термінів продовження роботи без постачань; визначається відповідність їхньої кількості і номенклатури вимогам, запропонованим до виробництва у військовий час. Оцінюється стійкість складів сировини, комплектуючих виробів, готової продукції й інших матеріалів, а також сховища паливних матеріалів. Досліджується підготовка об'єкту до відновлення виробництва у випадку одержання слабких або середніх руйнувань. Аналіз виробничої діяльності об'єкта дозволяє виявити слабкі елементи, ділянки і підготувати план підвищення стійкості їх роботи і план відновлювальних робіт, забезпечити їх будівельно-монтажною і проектною документацією.

4.2.2. Оцінка стійкості роботи об'єкта до впливу ударної хвилі

Критерієм для визначення стійкості промислового підприємства до впливу ударної хвилі ядерного вибуху є розмір надлишкового тиску, при якому будинки і спорудження об'єкта зберуться або одержать слабкі і середні руйнування.

При оцінці стійкості об'єкта необхідно виявити найбільш уразливі елементи і ділянки, від яких залежить робота всього підприємства. Після оцінки окремих споруджень оцінюється об'єкт у цілому. При цьому стійкість об'єкта визначається по тій будівлі або спорудженню, що руйнується при найменшому надлишковому тиску. Після оцінки стійкості об'єкта намічаються заходи, що необхідно провести для підвищення стійкості об'єкта до впливу ударної хвилі

ядерного вибуху. Для цього визначають доцільні межі підвищення стійкості кожної споруди [25] режими роботи об'єкта в різних умовах радіоактивного зараження.

4.2.3. Оцінка стійкості об'єкта до впливу вторинних вражаючих факторів

До вторинних вражаючих факторів відносяться аварії, пожежі, вибухи, затоплення, зараження атмосфери і місцевості, а також завалення ушкоджених конструкцій. Масштаби вражаючої дії від вторинних вражаючих факторів в окремих випадках можуть перевершувати безпосередню вражаючу дію ядерного вибуху. Причинами виникнення вторинних вражаючих факторів є руйнування, викликані ядерним вибухом на об'єкті або на сусідніх із ним об'єктах, що виявилися в зоні безпосередньої дії ядерного вибуху, тобто внутрішні і зовнішні джерела.

При оцінці стійкості об'єкта до впливу вторинних вражаючих факторів ядерного вибуху визначаються різні джерела їхнього виникнення. У першу чергу виявляються внутрішні джерела, наявні на самому підприємстві. Це можуть бути резервуари і ємкості з легкозаймистою рідиною і газами, склади вибухових речовин, вибухонебезпечні технологічні установки і комунікації, руйнування яких викликає пожежі, вибухи або загазованість, легкозаймисті будівлі і спорудження. Зовнішніми джерелами вторинних вражаючих факторів можуть бути близько розташовані хімічні і нафтопереробні заводи, нафтові і газові промисли, холодильники, гідровузли, склади нафтопродуктів і інших пальних рідин й інші об'єкти. Одночасно з врахуванням усіх можливих джерел вторинних вражаючих факторів визначається характер їхнього впливу на даний об'єкт і встановлюється, який вид ушкоджень і руйнувань очікується, а також час і тривалість їхньої дії.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ

У магістерській кваліфікаційній роботі, відповідно до виданого завдання, розроблено нові конструкції заготовок згортних втулок для приводних роликів і втулкових ланцюгів (ПРВЛ). Параметри конструкцій визначено з урахуванням технічних обмежень та проведених розрахунків. Відмінною особливістю цих заготовок є зниження зусиль під час формування втулок, що сприяє підвищенню точності їх геометричної форми.

Розроблено втулку з комбінованим прямолінійно-стиковим швом, який забезпечує стабільний контакт гвинтової ділянки з поверхнею валика. Для ПРВЛ з малими кроками (9,525 мм і 19,05 мм) ця довжина становить 0,13-0,16 Н, а для ПРВЛ з кроками 25,4 мм і 38,1 мм – 0,24 Н і 0,31 Н відповідно, де Н – висота втулки.

Отримано залежності кількості прямолінійних ділянок стикових швів від величини радіального зазору при $N_{ш}=100$ шарнірів у контурі. Показано, що зі збільшенням зазору $n_{ш}$ зменшується. Наприклад, при збільшенні зазору від 0,035 мм до критичного значення 0,797 мм для ПРВЛ з кроком 38,1 мм кількість $n_{шп_шпш}$ зменшується з 22 до 5. Для ПРВЛ з кроком 9,525 мм, при зміні зазору від 0,037 мм до 0,228 мм, $n_{ш}$ зменшується з 7 до 2.

Розроблено сучасний технологічний процес і оснащення для виготовлення згортної втулки з підвищеною точністю форми. Визначено номінальні діаметри формуючих фільс відповідно до зовнішніх діаметрів втулки та товщини її стінок. Встановлено області з мінімальними та максимальними відхиленнями від круглості, що дозволяє забезпечити високий рівень точності геометрії втулок.

Мінімальне значення $E_{FK_{min}}=3,79$ мм на проміжку $[3/4\pi, 5/4\pi]$ складе 33,2% від середнього значення $\overline{E_{FK}}=11,9$ на проміжку $[0, 2\pi]$ і 19,4% від максимального значення $E_{FK_{max}}$ на проміжку $[15/12\pi, 21/12\pi]$.

- Впровадження нових конструкцій втулок та технологічних процесів дозволить підвищити точність і зносостійкість втулок, зменшити виробничі витрати та підвищити ефективність серійного виробництва ПРВЛ.
- Оптимізація технологічних процесів забезпечить стабільність геометричних параметрів втулок, що підвищить їхню надійність у складі приводних ланцюгів.

Робота спрямована на підвищення якості та конкурентоспроможності продукції вітчизняного машинобудівного комплексу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ДСТУ ГОСТ 13568:2006 (ISO 606:1994). Ланцюги приводні роликові та втулкові. Загальні технічні умови (ГОСТ 13568-97 (ИСО 606-94), IDT; ISO 606:1994, NEQ) – Чинний з 2007-10-01. – К.: Держспоживстандарт України, 2007. – 31 с..
2. Пат. 90980 Україна, МПК B21D 5/10 (2006.01). Пристрій для виготовлення згортних втулок із листових заготовок / Бондаренко О.Л., Кривінський П.П.; Кривий П.Д., Сенник А.А., Шпак Р.І.; заявник і патентоотримувач Бондаренко О.Л., Кривінський П.П.; Кривий П.Д., Сенник А.А., Шпак Р.І.. – № U2014 02250; заявл. 05.03.2014; опубл. 10.06.2014, Бюл. № 11.
3. Пат. 78307 Україна, МПК B21D 5/00 (2013.01). Спосіб виготовлення згортної втулки / Сенник А.А., Кривий П.Д., Кобельник В.Р., Бондаренко О.Л., Кривінський П.П.; заявник і патентоотримувач Тернопільський нац. тех. ун-т. імені Івана Пулюя. – № U2012 11625; заявл. 08.10.2012; опубл. 11.03.2013, Бюл. № 5.
4. Analysis of the accuracy, stiffness, and stability of antennas using simulation modeling / Taras Dubynyak, Volodymyr Nevozhai, Andrii Remez, Valerriy Bukhovets, Andrii Senyk // Scientific Journal of TNTU. — Tern.: TNTU, 2024. — Vol 115. — No 3. — P. 30–43.
5. Bjørklund G.; Shanaida M.; Lysiuk R.; Antonyak H.; Klishch I.; Shanaida V.; Peana M. Selenium: An Antioxidant with a Critical oRole in Anti-Aging. *Molecules* 2022, 27(19).
6. Hevko R. B., Rozum R. I., Klendiy O. M. Development of design and investigation of operation processes of loading pipes of screw conveyors. *INMATEH: Agricultural engineering*. 2016. Vol. 50, No.3. P. 89-94.
7. Harmonic-dispersion analysis of the shape accuracy of the rolling bushings of drive roller and bushing chains / Senyk A., Kovalov V., Klymenko

G., Vasylchenko Y., Shapovalov M., Kobelnyk O. // Procedia Structural Integrity. 7th International Conference on In-service Damage of Materials: Diagnostics and Prediction, DMDP 2023 Ternopil 18 October 2023 до 20 October 2023. 2024. Vol. 59, P. 502-507.

8. The influence of titanium as a desferoidizing element on the stability of production of magnesium cast irons with compacted graphite / A. Senuk, L. Slobodyan, V. Aulina, V. Kropivnya, O. Kuzyka, O. Lyashuk, M. Bosyia, Y. Vovk, A. Kropivna, M. Sokolc // Tribology in Industry. - Kragujevac : University of Kragujevac, 2021. - Vol. 43. - № 4. - P. 654-666.

9. New technology for the manufacturing and use of rolling kingpin bushings in the undercarriage of certain vehicles / Senyk A., Kobelnyk V., Gagaliuk A., Plavutska I., Matviyishyn A., Larochkin A., Dubyniak T. // Procedia Structural Integrity. 7th International Conference on In-service Damage of Materials: Diagnostics and Prediction, DMDP 2023 Ternopil 18 October 2023 до 20 October 2023. 2024. Vol. 59, P. 508-515.

10. P. Kryvyi, P. Kryvinskyi, V. Bodnar, I. Sotnyk, A. Senuk. "Theoretical and Experimental Substantiation of Angle Orientation of Rolling Bushings of Roller and Bushing Chains". Paper no. MSEC 2007-31211 International Manufacturing Science and Engineering conference. October 15-18, 2007, Atlanta, Georgia, USA, pp. 623-627.

11. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / укл.: Стручок В. С. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. 156 с.

12. Вплив орієнтації згортних втулок на підвищення точності контактних кроків привідних роликів і втулкових ланцюгів / А. А. Сенік, В. Б. Котильницький // Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів «АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ

СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ» – Тернопіль, 6-7 грудня 2023 року, с. 117.

13. Modeling of a lathe bed using the method of topological optimization / Andriy Nahalyuk, Volodymyr Krupa // Scientific Journal of TNTU. — Tern.: TNTU, 2023. — Vol 111. — No 3. — P. 67–75.

14. Гевко І. Б., Лещук Р. Я., Стойко І. І., Марчук Н. М., Сіправська М. Д. Техніко-економічне обґрунтування процесу механічної обробки з використанням комбінованого свердла-мітчика. *Сільськогосподарські машини*: Зб. наук. ст. Вип. 40. Луцьк, 2018. С. 21-31.

15. До питання точності форми згортних втулок за параметром відхилення від круглості / Кривий П.Д., Дзюра В.О., Тимошенко Н.М., Сенник А.А. // Збірник тез доповідей 8-мої Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування»: 28 – 29 вересня 2017 р.: тези доп. – Херсонська державна морська академія, 2017. – С. 434 – 435.

16. Кривий П. Д. Дослідження макрогеометрії поперечних перерізів циліндричних поверхонь на прикладі шкворневих втулок / П. Д. Кривий, А. А. Сенник, В. О. Дзюра, В. Р. Кобельник // Збірник тез доповідей 7-мої Міжнародної науково-технічної конференції «Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування»: 22– 23 вересня 2016 р.: тези доп. – Херсонська державна морська академія, 2016. – С. 188 – 189.

17. Кривий П. Д. Конструкторсько-технологічне забезпечення підвищеної якості згортних втулок : монографія / Кривий П. Д., Сенник А. А. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2018. – 232 с.

18. Кривий П.Д. Підвищення продуктивності процесу і якості плоскої поверхні сформованої комбінаційним торцевим фрезеруванням / Кривий П.Д., Кобельник В.Р., Крупа В.В., Мимрик Н.П.// Вісник Донбаської

державної машинобудівної академії : збірник наукових праць. – Краматорськ : ДДМА, 2019. – № 3 (47).

19. Кобельник В.Р. Підвищення ефективності процесу свердління наскрізних отворів регулюванням подачі: Дис. ... канд. техн. наук: 05.03.01 / Кобельник Володимир Романович; Тернопіль, 2013 – 168 с.

20. Кузнєцов Ю. М., Новосьолов Ю. К., Луців. І. В. Теорія технічних систем: підручник. Севастополь : СевНТУ, 2011. 246 с.

21. Крупа В.В. КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА: структура, вимоги до виконання та захист: Методичні рекомендації для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Галузеве машинобудування» зі спеціальності 133 Галузеве машинобудування галузі знань 13 Механічна інженерія для здобувачів всіх форм здобуття освіти. Крупа В.В. та ін. Тернопіль, ТНТУ, 2023р. 66с

22. Крупа В.В. Теорія технічних систем: особливості побудови створення та розвитку: навчальний посібник / Володимир Крупа. – Тернопіль : Осадца Ю.В., 2023. – 308 с.

23. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання «БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ» / В.С. Стручок – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., –156 с..

24. Нова технологія виготовлення згортних втулок приводних роликів ланцюгів на основі імовірнісного підходу / П.Д. Кривий, А.А. Сенік, Н.М. Тимошенко, О.І. Яловий // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Обладнання і технології сучасного машинобудування»: 11–12 травня 2017 р. : тези доп. – Тернопіль: ТНТУ, 2017 р. – С. 92 – 93.

25. Підвищення ефективності ультразвукової фінішної обробки на

верстатах з ЧПУ / М.В. Федорцов, В.В. Хорошайло, А.А. Сеник, Б.Б. Яремчук. Важке машинобудування. проблеми та перспективи розвитку : МАТЕРІАЛИ XXII Міжнар. науково-технічної конференції, м. Краматорськ-Тернопіль, 28 трав. 2024 р. 2024. С. 199.

26. Паливода Ю., Дячун А., Лещук Р. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки: навчально-методичний посібник. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, 2019. 240 с.

27. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль : ТДТУ, 2009. 108 с.

28. Редько Р.Г., Склярів Р.А., Шанайда В.В. Порівняльно-правовий аналіз законодавства в області інтелектуальної власності в країнах ЄС та Україні. Міжвузівський збірник наукових праць «Наукові нотатки» за галузями знань «Фізико-математичні науки» та «Технічні науки». Луцьк, 2023, №75. С. 9 - 14.

29. Сеник А.А. Визначення найімовірнішої довжини заготовки для згортної втулки / Оліховський В. // Міжнародна студентська науково-технічна конференція „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання“, 27-28 квітня 2023. — Т. : ТНТУ, 2023. — С. 248–249. — (Механічна інженерія).

30. Сеник А. А. Вплив орієнтації згортних втулок на підвищення точності контактних кроків привідних роликів втулкових ланцюгів / А. А. Сеник, В. Б. Котильницький // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 6-7 грудня 2023 року. — Т. : ФОП Паляниця В. А., 2023. — С. 117. — (Сучасні технології в будівництві, машино- та приладобудуванні)

31. Сенік А. Експериментальне дослідження впливу радіуса транспортного каналу і способу базування на відхилення від круглості згортних втулок / Атаманчук О., Дмитраш О. // Міжнародна студентська науково-технічна конференція „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання“, 27-28 квітня 2023. — Т.: ТНТУ, 2023. — С. 208–209. — (Механічна інженерія).

32. Сенік А.А. Конструкторсько-технологічне забезпечення підвищення точності форми згортних втулок / Сенік А.А. // Збірник наукових праць «Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем» ДДМА. – Краматорськ, 2017. – Вип. № 41, – С. 46 – 55.

33. Сенік А.А. Нова технологія формування згортної втулки підвищеної точності форми / Сенік А.А. // Збірник тез доповідей 5-тої Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування»: 1–3 жовтня 2014 р.: тези доп. – Херсонська державна морська академія, 2014. – С. 225 – 226.

34. Сенік А. А. Експериментальне дослідження ступеня зміцнення внутрішньої циліндричної поверхні згортних втулок сформованих поверхнево-пластичним деформуванням / А. А. Сенік, І. В. Коваль // Збірник тез доповідей Міжнародної науково-технічної конференції присвяченої пам'яті професора Гевка Богдана Матвійовича „Проблеми теорії проектування та виготовлення транспортно-технологічних машин“, 23-24 вересня 2021. — Т. : ФОП Паляниця В. А., 2021. — С. 40–41.

35. Сенік А.А. Технологічне забезпечення виготовлення згортних втулок підвищеної точності форми і якості: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.02.08 “Технологія машинобудування” / А.А. Сенік. – Тернопіль, 2018. – 21 с.

36. Сенік А.А. Динамічні характеристики шпиндельного вузла з

керованим натягом токарного верстата з ЧПК / А.А. Сенник, І.Т. Ярема, В.В. Крищишин // Матеріали XIII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (11-12 грудня 2024 р.). – Тернопіль: ТНТУ, 2024. – С. 197.

37. Сенник А.А. Експериментальне дослідження впливу радіуса транспортного каналу і способу базування на відхилення від круглості згортних втулок після операції згортання / А. Сенник, А. Галета, Д.Гурський // Матеріали XIII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (11-12 грудня 2024 р.). – Тернопіль: ТНТУ, 2024. – С. 198.

38. Технологічне обладнання з паралельною кінематикою: Навчальний посібник / Крижанівський В. А., Кузнєцов Ю. М., Валявський І. А., Склярів Р. А. Кіровоград, 2004. 449 с.

39. Технологія складання внутрішніх ланок приводних роликів і втулкових ланцюгів із забезпеченням кутової орієнтації згортних втулок / Н. С. Інжиєвська, П. Д. Кривий, А. А. Сенник, Н. М. Тимошенко // Збірник тез доповідей IX Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 25-26 листопада 2020 року. — Т.: ТНТУ, 2020. — Том 1. — С. 69–70

ДОДАТКИ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)
Університет імені П'єра і Марії Кюрі (Франція)
Маріборський університет (Словенія)
Технічний університет у Кошице (Словаччина)
Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (Литва)
Наукове товариство ім. Т.Шевченка

АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Збірник
тез доповідей

**XIII Міжнародної науково-практичної
конференції молодих учених та студентів**
11-12 грудня 2024 року



УКРАЇНА
ТЕРНОПІЛЬ – 2024

**Ministry of Education and Science of Ukraine
Ternopil Ivan Puluj National Technical University (Ukraine)
Pierre and Marie Curie University (The French Republic)
University of Maribor (The Republic of Slovenia)
Technical University of Kosice (The Slovak Republic)
Vilnius Gediminas Technical University (The Republic of Lithuania)
T. Shevchenko Scientific Society**

CURRENT ISSUES IN MODERN TECHNOLOGIES

Book
of abstracts

**of the XIII International scientific and practical
conference of young researchers and students**

December, 11th-12th, 2024



**UKRAINE
TERNOPIL – 2024**

УДК 621.98.01

А. Сеник, к.т.н., А. Галета, Д. Гурський

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РАДІУСА
ТРАНСПОРТНОГО КАНАЛУ І СПОСОБУ БАЗУВАННЯ НА ВІДХИЛЕННЯ ВІД
КРУГЛОСТІ ЗГОРТНИХ ВТУЛОК ПІСЛЯ ОПЕРАЦІЙ ЗГОРТАННЯ**

A. Senyk, Ph.D., A. Haleta, D. Hurskyi

**EXPERIMENTAL EXPERIMENTAL OF THE INFLUSION OF THE RADIUS
OF THE TRANSPORT CHANNEL AND THE METHOD OF BASED ON THE VIEW OF
THE ROUNDESS OF THE GLORYTHY BUSHINGS AFTER GLORYTRY
OPERATIONS**

Одним із найважливіших завдань при формуванні згортних втулок є забезпечення максимально можливої точності (відхилень від круглості) на першій операції. Для виконання поставленого завдання формувались вибірки із 10 втулок, які отримували після першої операції згортання при різних радіусах транспортного каналу ($R=100$ мм; 50 мм) і різних способах базування: формуюча матриця (ФМ) – без оправки; ФМ – з консольно закріпленою оправкою; ФМ – із оправкою, встановленою на 2-х опорах. Із отриманих дослідних згортних втулок формували дослідні вибірки обсягом 10 втулок, шліфували торці, які після цього піддавали скануванню.

Використавши метод проектування, збільшували у задане число разів, забезпечували необхідну точність вимірювання не менше 5 мкм. Вписували у отримані круглограми прилягаючі кола, які ділили на 24 положення, і у кожному із цих положень визначали EFK_{in} (тут in – номер положення). Відхилення від круглості EFK_{in} у кожному положенні усереднювали і отримували усереднені круглограми, одна з яких подана на рис. 1. Відхилення від круглості на проміжку $[0, 2\pi]$ за усередненими круглограмами ВЦП згортних втулок апроксимували десятичленним тригонометричним рядом Фур'є і отримували середні значення $\sum \overline{EFK}$ та дисперсії A_k $D = \sum_{k=1}^{10} A_k$, де A_k – амплітуда k -тих гармонік $[k=1,10]$. Отримані значення характеристик відхилень від круглості подані в табл.1.

Таблиця 1. Значення характеристик розсіювання відхилень від круглості при різних способах базування та радіусах каналу

Вид базування	Радіус транспортного каналу R , мм	Характеристики розсіювання відхилень від круглості		
		Середні значення $\overline{EFK}$, мкм	Дисперсія $D(EFK)$, мкм ²	Максимальне знач. EFK_{max} , мкм
ФМ – без оправки	100/50	254/231	92420/76770	1338/1235
ФМ – оправка консольна	100/50	99/79	21680/3683	629/330
ФМ – оправка на двох опорах	100/50	87/58	20240/2041	589/218
На 2-х опорах за тех. проц [1]	50	24	1802	155

Вплив радіуса транспортного каналу R і способу базування на зменшення характеристик точності форми, а саме: на середнє значення відхилення від круглості $\overline{EFK}$, дисперсію $D(EFK)$ і максимальне значення відхилення від круглості EFK_{max} подано відповідно у табл. 2 і 3.

Таблиця 2. Зменшення характеристик EFK в залежності від радіуса транспортного каналу

Спосіб базування	Радіус тран. каналу R , мм	Зменшення характеристик EFK (у рази)		
		$\overline{EFK}$, мкм	$D(EFK)$, мкм ²	EFK_{max} , мкм
ФМ без оправки	100/50	1,10	1,20	1,08
ФМ – оправка конс.	100/50	1,25	5,88	1,91
ФМ – оправ на 2-х опор.	100/50	1,50	9,91	2,70

Таблиця 3. Зменшення характеристик розсіювання EFK в залежності від способу базування при постійних радіусах транспортного каналу

Спосіб базування	Радіус тран. каналу R , мм	Зменшення параметрів (у рази)		
		$\overline{EFK}$, мкм	$D(EFK)$, мкм ²	EFK_{max} , мкм
ФМ без оправки/ ФМ – оправка конс.	100/50	2,56/2,92	4,26/20,84	2,13/3,74
ФМ без оправки/ ФМ – опр. на 2-х опорах	100/50	2,92/3,98	4,57/37,61	2,27/5,66
ФМ – оправка конс./ ФМ – оправ. на 2-х опор.	100/50	1,14/1,36	1,07/1,80	1,07/1,51
ФМ – без оправки – на 2-х опорах за [1]	50	9,62	42,60	8,63

Продовження таблиці 3.

ФМ – оправка конс. – на 2-х опорах за [1]		3,29	4,26	7,97
ФМ – оправка на 2 опорах за [1]		2,40	1,13	1,41



Рисунок 1. Усереднена круглограма згортної втулки сформованої при радіусі транспортного каналу $R=50$ мм і способі базування ФМ – оправка на 2-х опорах

Література

1. Кривий П. Д. Конструкторсько-технологічне забезпечення підвищеної якості згортних втулок : монографія / Кривий П. Д., Сенік А. А. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 232 с.

Аналіз отриманих даних показує, що спосіб базування більше впливає на характеристики відхилення від круглості, ніж радіус транспортного каналу. Найбільш ефективним щодо забезпечення точності форми згорнутої втулки за параметром відхилення від круглості *EFK* виявився технологічний процес формування згортних втулок за запропонованим технологічним процесом [1]. Середні значення відхилень від круглості згортних втулок, сформованих за цим процесом, порівняно із таким же параметром, сформованим на радіусі 50 мм і однаковим способом базування, зменшились у 2,4 рази. Дисперсія розсіювання *EFK* зменшилась у 1,13 разів.

Ефективність запропонованого технологічного процесу формування згортних втулок підтверджено критеріями Стюдента і Фішера.

	ЗАСТОСУВАННЯ РЕГУЛЯРНИХ МІКРОРЕЛЬЄФІВ У РІЗНИХ СФЕРАХ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ЛЮДИНИ	
6.	А. Г. Никитюк ЗМІШУВАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ШНЕКА ЗІ ЗМІННИМ КУТОМ ЛОПАТЕЙ	85
7.	А. Д. Бобков УДОСКОНАЛЕННЯ ШНЕКОВИХ ПОДАЮЧИХ МЕХАНІЗМІВ У ПРОЦЕСАХ РОЗЛИВУ НА ГЕРМЕТИЗАЦІЇ	86
8.	А. О. Урбанський, І. О. Антонюк ЗАСТОСУВАННЯ НАНОТЕХНОЛОГІЙ В АВТОМОБІЛЬНІЙ ПРОМИСЛОВOSTІ	88
9.	А. Сенік, А. Галета, Д. Гурський ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РАДІУСА ТРАНСПОРТНОГО КАНАЛУ І СПОСОБУ БАЗУВАННЯ НА ВІДХИЛЕННЯ ВІД КРУГЛОСТІ ЗГОРТНИХ ВТУЛОК ПІСЛЯ ОПЕРАЦІЇ ЗГОРТАННЯ	90
10.	А.А. Сенік, І.Т. Ярема, В.В. Кришишин ДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА З КЕРОВАНИМ НАТЯГОМ ТОКАРНОГО ВЕРСТАТА З ЧПК	93
11.	А.В. Коваль, Т.М. Вітенько ЗАСТОСУВАННЯ ЧИСЕЛЬНИХ МЕТОДІВ МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ УДОСКОНАЛЕННЯ КАВІТАЦІЙНИХ ПРИСТРОЇВ	94
12.	А.В. Гагалюк, Ю.С. Смалій, О.В. Смалій ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РОЗВЕРТКИ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ ПОСАДКОВИХ ОТВОРІВ	96
13.	А.О. Ларочкін; О.С. Кобельник ПРИСТРІЙ ДЛЯ АДАПТИВНОГО КЕРУВАННЯ ПОДАЧЕЮ ПРИ СВЕРДЛІННІ НАСКРІЗНИХ ОТВОРІВ	97
14.	А.О. Скоропляс ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЙ ДВОВАЛКОВИХ СПІВВІСНИХ ГВИНТОВИХ КОНВЕЄРІВ	100
15.	А.П. Грабовський ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ГВИНТОВИХ ЗАГОТОВОК	101
16.	А.Юркевич, Я. Ковальчук ОСОБЛИВОСТІ СУЧАСНОГО БУДІВНИЦТВА ПІД ВПЛИВОМ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ	103
17.	Б.І. Костриба СПОСОБИ ЗМІЦНЕННЯ ШВИДКОРІЖУЧИХ ПЛАСТИН	105
18.	Д.П. Микулик, М.І. Тригубець, М.Є. Конотоп, Т.Б. Періг СИСТЕМА СНІГОТАНЕННЯ З ПІДГРІВОМ ТРОТУАРІВ У ТУНЕЛІ	106
19.	І. В. Гавришук, О.С. Кобельник, І.С. Генік ОГЛЯД ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ТВЕРДОТІЛОГО МОДЕЛЮВАННЯ	107
20.	К.О. Трояк, П.Д. Стухляк АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ З МЕТАЛОКЕРАМІЧНИХ ДИСПЕРСНИХ МАТЕРІАЛІВ	108
21.	М. С. Дзюмак, І.М. Поливаний, І.Я. Харів ОГЛЯД КОНЦЕПЦІЇ ЗД ДРУКУ ВЕЛИКИХ ОБЄКТІВ	109