

ВІДГУК

офіційного опонента, доктора технічних наук, професора, професора кафедри прикладної механіки та мехатроніки Луцького національного технічного університету, **Марчука Віктора Івановича** на дисертаційну роботу **Навроцької Тетяни Дем'янівни** «Технологічне забезпечення виготовлення гвинтових секційних робочих органів машин», що представлена на захист у спеціалізованій вченій раді К 58.052.03 Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.08 – технологія машинобудування

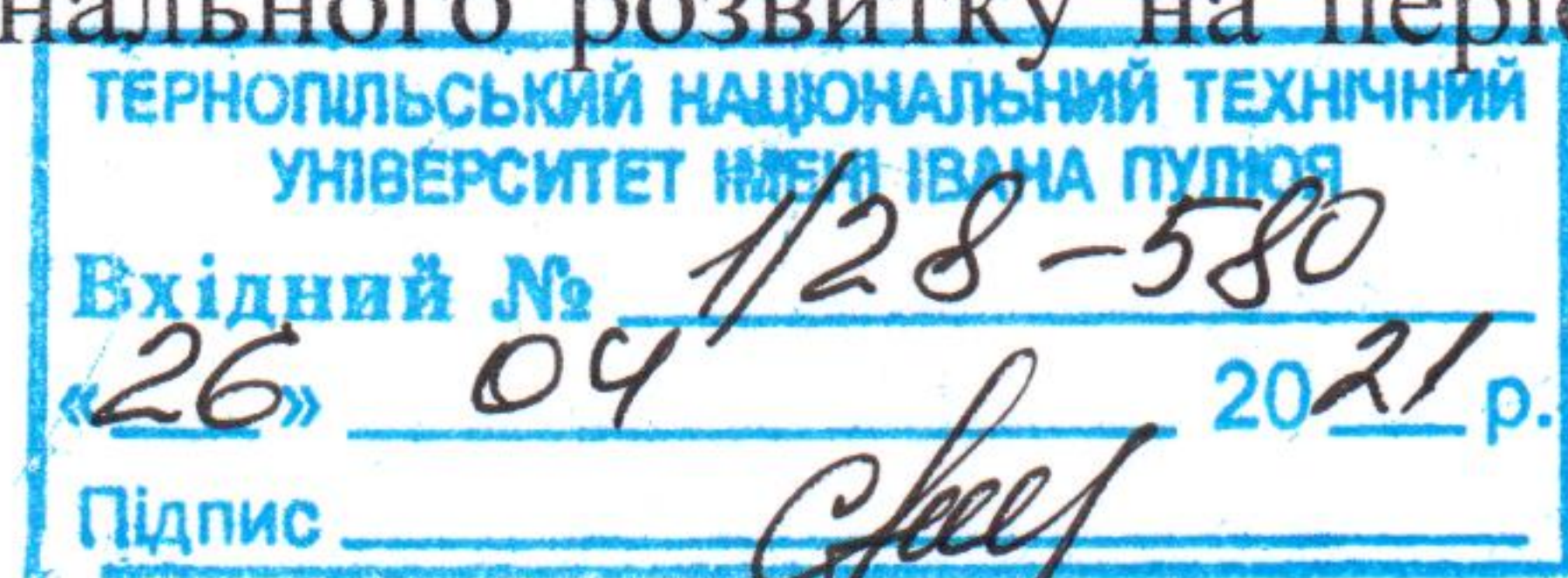
1. Актуальність роботи, її зв'язок із науковими програмами, планами та темами

Подані до захисту результати дисертаційних досліджень спрямовані на вирішення проблеми з пошуку нових підходів до підвищення експлуатаційних і технологічних параметрів машин, що дають можливість підвищити продуктивність праці та ефективність виробництва, покращити якість продукції. Це вимагає розширення номенклатури, створення й використання високоефективних ресурсощадних технологій виготовлення робочих органів машин.

Незважаючи на значну кількість наукових праць, які присвячені проектуванню та виготовленню гвинтових секційних робочих органів (ГСРО), залишаються відкритими питання щодо підвищення ефективності їх виготовлення із врахуванням їх конструктивних особливостей. Принциповою відмінністю таких конвеєрів є те, що гнучкий гвинтовий секційний робочий орган вільно (без опор) розташовується в еластичному кожусі і по його внутрішній поверхні переміщає матеріал в зону вивантаження. Перевагою такого типу конвеєра є можливість зміни траси транспортування і, відповідно, зони вивантаження виключно переміщенням технологічної магістралі при стаціонарному розташуванні бункера і елементів приводу.

Тому в межах означених завдань створення та практична реалізація раціональних технологічних процесів виготовлення нових конструкцій гнучких гвинтових секційних робочих органів з розширеними технологічними можливостями є **актуальним**, що сприяє впровадженню конкурентоздатної технології з високими техніко-економічними показниками, значному підвищенню експлуатаційної надійності та продуктивності праці.

Вирішення актуальної проблеми, що складає основу дисертаційної роботи, виконано відповідно до постанови Кабінету Міністрів України від 6 серпня 2014 р. № 385 «Про затвердження Державної стратегії регіонального розвитку на період



до 2020 року”. Дисертаційна робота виконано відповідно до тематик наукового напрямку Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя в рамках науково-дослідних держбюджетних тем: «Синтез гвинтових транспортно-технологічних механізмів з розширеними технологічними можливостями на основі САПР «Гвинтові конвеєри»» (№ державної реєстрації 0115U002450); «Моделювання, синтез і розроблення енергоефективних транспортуючих та перевантажувальних систем для технологічної обробки насипних вантажів» (№ державної реєстрації 0117U002240); «Розробка та комплексне дослідження синтезованих транспортно-технологічних механізмів автоматизованих виробничих систем» (№ державної реєстрації 0117U003998).

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків

і рекомендацій, їх вірогідність та повнота викладу в опублікованих працях

Наукові положення, висновки і рекомендації, які викладені в науковому дисертаційному дослідженні, є достатніми та належним чином обґрунтованими. Для їх аргументації автором проведено необхідні теоретичні та експериментальні дослідження, розроблено відповідні методики. В процесі проведення досліджень отримані п'ять патентів України на корисні моделі, результати у повній мірі опубліковано у фахових виданнях. Обґрунтована актуальність теми та знайдено шляхи її вирішення.

Теоретичні дослідження проводились з використанням методів механіко-математичного моделювання, інформатики, теоретичної механіки, теорії машин і механізмів, конструювання деталей машин. Експериментальні дослідження здійснено за допомогою методів математичного планування експерименту з використанням комп'ютерної техніки і прикладного програмного забезпечення та необхідних методик із застосуванням спеціально спроектованого та виготовленого технологічного устаткування. Достовірність отриманих у дисертації результатів підтверджується вмілим використанням математичного апарату, обґрунтованістю прийнятих припущень, кореляцію теоретичних і експериментальних досліджень і впровадженням отриманих результатів в інженерну практику проектування гвинтових конвеєрів.

Висновки до дисертаційної роботи є достовірними і підтверджуються результатами досліджень. Зокрема дані наведені в пункті 4, 5, 6 підтверджені результатами теоретичних та експериментальних досліджень і патентами України на корисні моделі. Пункти 2 і 3 підтверджені результатами теоретичних досліджень.

За результатами дисертаційної роботи опубліковано 24 наукових праці, з них 1 – монографія у співавторстві, 13 – у наукових фахових виданнях, одна з яких опублікована в журналі за кордоном, 5 – патенти України на корисні моделі, 5 – у матеріалах наукових конференцій.

3. Наукова новизна отриманих результатів

Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

➤ вперше виведені аналітичні та емпіричні залежності для розрахунку силових і конструктивних параметрів процесу виготовлення елементів секційних гвинтових робочих органів конвеєрів методом навивання стрічок пристроєм з обертовою втулкою, який дозволяє розподілити навантаження на формоутворюючі ролики;

➤ отримала подальший розвиток модель формоутворення гвинтових секційних елементів способом навивання на оправу складного профілю, отримано аналітичні залежності для розрахунку силових параметрів формування гвинтових секційних заготовок складного профілю та їх зв'язок з конструктивними параметрами технологічного спорядження;

➤ набуло подальшого розвитку дослідження динамічних характеристик процесу калібрування гвинтових секційних заготовок на крок із щільно навитих витків змінного зовнішнього діаметра, що дає змогу визначити основні параметри процесу калібрування та встановити характер зміни величини деформацій складових приведеної системи із встановленням силових параметрів та динамічних навантажень процесу.

4. Практичне значення одержаних результатів

Найважливіше практичне значення отриманих результатів роботи полягає в удосконаленні технології формоутворення ГСРО підвищеної продуктивності, зменшенні собівартості та енергомісткості процесів їх виготовлення. Запропоновано практичні рекомендації щодо створення нових методів формоутворення та оброблення ГСРО, устаткування для їх виготовлення, спорядження для контролю технологічних параметрів.

Основні результати роботи впроваджено в навчальний процес підготовки бакалаврів за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» для викладання дисциплін «Технологічні методи виробництва заготовок деталей машин», «Технологія обробки типових деталей та складання машин», «Технологія та устаткування машинобудівних виробництв» на кафедрі інжинірингу машинобудівних технологій Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Технічну новизну одержаних результатів захищено 5 патентами України на корисні моделі. Основні результати роботи впроваджено у ТДВ «Булат» (смт. Микулинці).

5. Оцінка змісту роботи в цілому

Дисертація складається з вступу, 5 розділів, загальних висновків, і додатків. Загальний обсяг дисертації – 253 сторінки, в тому числі 84 рисунки, 22 таблиці, список використаних літературних джерел із 147 найменувань, 6 додатків. Обсяг

основного тексту дисертації – 155 сторінок.

У **вступі** подано загальну характеристику роботи, обґрунтовано актуальність даної теми і обґрунтована необхідність розв'язання поставленої науково-прикладної задачі.

У **першому розділі** проведено аналіз та узагальнення відомих наукових напрацювань і проблемних питань із застосування методів проектування та виготовлення гвинтових робочих органів машин, обґрунтовано доцільність проведення досліджень та перспективність виготовлення ГСРО запропонованим новим методом.

Проведено патентний пошук комплексних методів проектування та виготовлення гвинтових робочих органів машин. На основі проведеного аналізу визначено наукові підходи та напрямки досліджень як вихідні дані для вирішення поставлених в роботі завдань.

У **другому розділі** наведено теоретичні передумови розроблення процесу формоутворення гвинтових секційних заготовок, зокрема із використанням пристрою з обертовою втулкою. Процес навивання стрічки на ребро з калібруванням за зовнішнім діаметром, внаслідок розподілу зусилля згину в контактній зоні притискної оправи, має свої особливості. Для їх виявлення розглянуто навивання стрічкової заготовки у пристосуванні, в якому пустотіла обертова втулка, що обертається від приводу верстату з кутовою швидкістю, формує зовнішній радіус витка. Отримано аналітичну залежність моменту навивання стрічки на ребро від коефіцієнта нерівномірності витягування.

На основі розрахункових залежностей побудовані графіки зміни моменту навивання пристроєм з обертовою втулкою від ширини заготовки із різними зовнішніми радіусами. Встановлено, що розподіл навантаження на формоутворюючі ролики залежить від конструктивного виконання пристосування, від технологічних зазорів між стрічкою і калібром, утвореним поверхнями оправи та роликів.

Проведено дослідження силових параметрів процесу навивання стрічки на оправу складного профілю. Отримано аналітичні залежності радіуса кривизни профілю оправи, що використовується для визначення сили гнуття.

Досліджено процес калібрування конічних витків гвинтових заготовок на крок з розробкою технологічного оснащення. Виведені аналітичні залежності для визначення силових і конструктивних параметрів процесу. Виведено рівняння пластичності з визначенням напружень в зонах стискування і розтягування витка, аналітичні залежності для визначення моменту розгинання витка, визначення осьової сили деформації витка і необхідного крутного моменту на приводі для здійснення калібрування гвинтових секційних заготовок (ГСЗ) на крок.

Досліджено динаміку калібрування витка конічної гвинтової заготовки на крок. Встановлено, що при цьому процесі виникають динамічні коливання

оправки, амплітуда коливань яких збільшується із збільшенням ширини витка, що впливає на міцність оправки. При цьому виведено диференціальне рівняння коливань на основі рівняння Лагранжа другого роду. Досліджено ударну взаємодію клина із витком конічної гвинтової заготовки і виведено аналітичну залежність для визначення сили удару клина і заготовки.

У **третьому розділі** розроблено програму і методику експериментальних досліджень формування елементів ГСРО, яка передбачала етапи розроблення та виготовлення стендового обладнання з можливістю зміни основних робочих параметрів та проведення лабораторних досліджень для визначення величини крутного моменту навивання ГСЗ пристроєм з обертовою втулкою, крутного моменту калібрування ГСЗ на крок, зусилля утворення сферичної втулки секції гвинтового робочого органа та тангенціальної сили різання під час проточування заготовок гвинтових секційних робочих органів.

Четвертий розділ присвячено результатам проведених експериментальних досліджень з використанням повнофакторних експериментів. Наведено результати експериментальних досліджень навивання гвинтової заготовки пристроєм з обертовою втулкою, калібрування витків гвинтових заготовок на крок та проточування крайніх витків заготовок гвинтових секційних робочих органів. На основі проведеного багатофакторного експерименту дослідження крутного моменту навивання гвинтової заготовки пристроєм з обертовою втулкою отримано регресійні залежності для визначення впливу величини зовнішнього радіуса оправки, товщини заготовки та ширини заготовки на величину крутного моменту процесу навивання для стрічок із матеріалів сталь 08кп та Ст 3.

Встановлено, що для матеріалу Ст 3 величина крутного моменту навивання зростає в 1,07 рази порівняно із матеріалом сталь 08кп та знаходиться в межах від 431 Н·м до 548 Н·м.

Наведено процес калібрування витків гвинтової секційної заготовки на крок з отриманням рівнянь регресії для визначення залежності крутного моменту калібрування конічних витків гвинтової заготовки робочого органа на крок від зміни ширини, товщини спіралі та кута нахилу клина для матеріалу сталь 08кп. Крутний момент зростає до 79 Н·м.

У **п'ятому розділі** наведено комп'ютерну модель гвинтового секційного робочого органу конвеєра. Порівняння отриманих результатів теоретичних досліджень, експериментів та комп'ютерного моделювання дозволяє зробити висновок про подібність отриманих значень та побудованих на їх основі відповідних графічних залежностей. Різниця між розрахунковими та експериментальними значеннями коливається в межах 8..14%. На основі проведеного комплексу теоретичних і експериментальних досліджень створено конкурентноздатні ГСРО, проведено їх техніко-економічне обґрунтування та розроблено методику інженерного розрахунку.

Запропоновано технологічне оснащення для виготовлення та контролю якості ГСЗ. Розрахунковий річний економічний ефект від впровадження технологічних процесів навівання ГСЗ складає 16995,79 грн.

6. Відповідність автореферату основним положенням дисертації

Зміст автореферату у достатній мірі відображає основні положення та результати дисертаційної роботи, висновки в дисертації та авторефераті повністю ідентичні.

7. Основні зауваження по роботі

1. У першому розділі не достатньо інформації про сучасні вітчизняні та зарубіжні технології виготовлення гвинтових робочих органів, а також про використовуване технологічне устаткування та робочий інструмент. В розділах 1.1 і 1.2 дисертації, не має огляду зарубіжних джерел. Цей огляд не критичний.

2. В перших розділах роботи доцільно б дати опис припущень, які прийняті в роботі при виконанні теоретичних і експериментальних досліджень.

3. Не зрозуміло як вибирались числові значення жорсткості з'єднань і коефіцієнти демпфувань для розв'язку системи диференціальних рівнянь числовим методом в підрозділі 2.4.2 з розрахункової схеми рис. 2.16.

4. В динамічній моделі враховано не всі параметри, які впливають на формування динамічної моделі, наприклад, сили тертя, затухаючі коливання, зношення інструментів тощо.

5. При проведенні експериментальних досліджень доцільно було б оприлюднити методику, за якою були апроксимовані результати експериментальних досліджень.

6. У роботі (стор. 111 пункт 3.2.4) при зазначенні умов процесу проточування бажано було би вказати матеріал різальної частини різця.

7. В роботі у четвертому розділі виявлено вплив окремих технологічних параметрів режимів різання (швидкість різання, подача, глибина різання) на тангенціальну складову зусилля різання. Однак, задачу оптимізації щодо оптимальних режимів різання не вирішено.

8. В роботі не вказано похибки контрольних і вимірювальних інструментів при проведенні експериментальних досліджень.

9. Доцільно було б розглянути шляхи підвищення експлуатаційної надійності та довговічності робочих органів.

10. В тексті дисертації та автореферату зустрічаються деякі друкарські помилки, невдалі звороти.

8. Висновок про відповідність дисертації встановленим вимогам


Дисертаційна робота **Навроцької Тетяни Дем'янівни** на тему: «**Технологічне забезпечення виготовлення гвинтових секційних робочих органів машин**», є закінченим науковим дослідженням.

Зміст і структура роботи відповідає паспорту спеціальності 05.02.08 – технологія машинобудування.

Дисертаційна робота є актуальною, має наукову новизну та практичне значення. Результати досліджень є належним чином обґрунтовані та апробовані. Зазначені вище недоліки не знижують наукового та практичного рівня дисертаційної роботи і не впливають на позитивну оцінку в цілому.

На основі вищесказаного вважаю, що кандидатська дисертація Навроцької Тетяни Дем'янівни «Технологічне забезпечення виготовлення гвинтових секційних робочих органів машин» є завершеною науково-дослідною роботою, яка за науковим рівнем, структурою, обсягом, змістом, якістю оформлення та викладення матеріалу відповідає вимогам МОН України, що пред'являються до кандидатських дисертацій, а її автор Навроцька Тетяна Дем'янівна заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.08 – технологія машинобудування.

Офіційний опонент,
доктор технічних наук, професор,
професор кафедри прикладної механіки та мехатроніки
Луцького національного технічного університету

 В.І. Марчук



ПІДПИС ЗАСВІДЧУЮ:
Учений секретар
ЛУЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
доц. А.Земко

