

РЕЦЕНЗІЯ

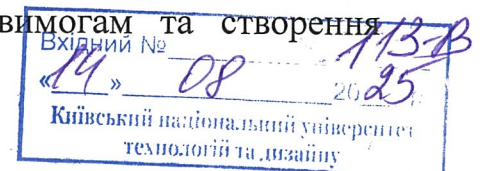
кандидата технічних наук, доцента, доцента кафедри механічної інженерії
Київського національного університету технологій та дизайну
Рубанки Миколи Миколайовича на дисертаційну роботу
Безуглого Дмитра Миколайовича на тему « Удосконалення швейних
машин для виготовлення армуючих елементів композитних виробів»,
представлену на здобуття ступеня доктора філософії
в галузі знань 13 Механічна інженерія
за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування

Актуальність теми дисертації. Сучасні тенденції у машинобудуванні, авіації, транспорті, суднобудуванні, енергетиці та легкій промисловості вимагають впровадження інноваційних матеріалів, які поєднують високу міцність, жорсткість і довговічність при мінімальній масі. Композитні матеріали, особливо з армованою текстильною основою, стали ключовим елементом у створенні конструкцій нового покоління. Значну частину серед них становлять просторові (3D) та площинні (2D) текстильні армуючі структури, ефективність яких багато в чому залежить від способу їх з'єднання.

Одним із найпростіших, доступних і технологічно гнучких способів формування таких армуючих елементів є швейне з'єднання, зокрема за допомогою одноститкового ланцюгового стібка типу 101. У такий спосіб забезпечується локальне міжшарове наскрізне армування текстильних матеріалів і водночас простота технологічного процесу виготовлення текстильних преформ. Швейні машини конструктивного ряду GK-9, що виконують ланцюговий стібок типу 101 і широко застосовуються у промисловості, мають потенціал для адаптації до виготовлення текстильних преформ. Водночас їх базова конструкція не передбачає змінних режимів роботи, узгоджених зі змінними технологічними параметрами стібка (товщиною матеріалів, довжиною стібка), а налаштування здійснюється на фіксовані значення конкретних параметрів стібка. Таким чином, під час зшивання багатошарових або просторових текстильних конструкцій з нерівномірною товщиною типові швейні машини не здатні забезпечити стійкість технологічного процесу відповідно до змінних технологічних параметрів.

У результаті це призводить до надлишкового натягу або провисання нитки, порушення структури шва, зниження міцності міжшарового з'єднання та втрати стабільності просторової форми армуючого елемента. Це обмежує ефективність впровадження швейної технології в сучасне виробництво композитних конструкцій і зумовлює необхідність удосконалення механізмів подачі нитки з урахуванням змінних параметрів матеріалу, що зшивається, зокрема його товщини.

Водночас у науково-технічній літературі відсутні комплексні дослідження, що охоплюють аналітичне моделювання функцій подачі нитки, оцінку їх відповідності технологічним вимогам та створення



адаптивних конструкцій механізмів подачі нитки для однопниткового ланцюгового стібка. Існуючі рішення здебільшого мають емпіричний характер або не враховують реальні умови формування текстильних виробів і преформ, які застосовуються для виготовлення композитних конструкцій.

Таким чином, актуальність дисертаційної роботи обумовлена необхідністю:

- удосконалення конструкції швейних машин для формування армуючих елементів із текстильних матеріалів;
- підвищення якості та стабільності зшивання при змінних технологічних параметрах;
- розробки аналітичних та експериментально підтверджених моделей подачі нитки;
- створення технічних рішень для адаптивного регулювання подачі нитки у процесі зшивання 2D- і 3D-структур;
- підвищення ефективності, надійності та гнучкості швейних технологій у виробництві армуючих елементів для композитних виробів.

Розв'язання окреслених проблем дозволить забезпечити науково обґрунтоване вдосконалення технологічного обладнання, розширити сферу використання швейних машин в інших галузях промисловості.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукові результати, отримані в дисертаційній роботі, є логічно обґрунтованими, методично вивіреними та такими, що ґрунтуються на сучасному науковому підході до аналізу, моделювання та оптимізації технологічних процесів у швейному машинобудуванні. Актуальність і доцільність проведених досліджень підтверджуються необхідністю вирішення практичних завдань у сфері виготовлення текстильних армуючих елементів для композитних виробів, зокрема за допомогою однопниткових ланцюгових стібків типу 101.

Обґрунтованість результатів забезпечується застосуванням класичних і сучасних методів наукового дослідження. Виконано аналітичне моделювання функцій дійсної та необхідної подачі нитки з урахуванням технологічних параметрів стібка, кінематичних параметрів механізмів та їх геометричних розмірів робочих органів.

Достовірність наукових положень підтверджується узгодженістю теоретичних моделей з результатами експериментів. Проведено фізичне моделювання процесу подачі нитки на модернізованій швейній машині типу GK-9-2 з використанням тензометричних датчиків, що дало змогу кількісно оцінити натяг нитки в процесі утворення стібка. Встановлено залежності між технологічними параметрами стібка та законом і

величиною необхідної функції подачі нитки, що підтверджує теоретичну та практичну цінність розроблених моделей.

Узагальнена синхрограма взаємодії робочих органів механізмів машини дозволяє забезпечити їх синхронізацію з урахуванням змінних технологічних параметрів стібка. Використання отриманих аналітичних моделей функцій дійсної та необхідної подачі нитки дає змогу розробити нові адаптивні механізми подачі, які підвищують якість шва та стабільність технологічного процесу.

У дисертаційній роботі поставлене наукове завдання виконано в повній мірі. Результати є науково обґрунтованими, статистично достовірними та мають наукову новизну. Здобувач повною мірою оволодів методологією наукових досліджень, що підтверджується успішним застосуванням аналітичних моделей та розробкою адаптивних механізмів подачі нитки для швейних машин одониткового ланцюгового стібка типу 101.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Безуглого Дмитра Миколайовича повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 133 Галузеве машинобудування та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми Галузеве машинобудування.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Безуглого Дмитра Миколайовича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Мова та стиль викладення результатів.

Дисертаційна робота написана українською мовою. Матеріал викладено логічно та послідовно, із чітким дотриманням структури наукової роботи: від постановки мети дослідження до формулювання висновків. Кожен розділ логічно впливає з попереднього, що сприяє цілісному сприйняттю інформації. Інформація подається доступною мовою, зрозумілою для фахівців відповідної галузі. Разом із тим, автор дотримується загальноприйнятої наукової термінології, що свідчить про професійний рівень викладення та орієнтацію на академічну аудиторію.

Використання ілюстративного матеріалу (таблиць, графіків, схем) додатково підсилює зміст тексту та робить його більш наочним. Обґрунтування гіпотез, аналіз результатів і формулювання висновків виконано загалом чітко та аргументовано.

Дисертація складається з вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертації становить 267 сторінок.

У **вступі** автором обґрунтовано важливість та актуальність теми дослідження дисертаційної роботи, сформульовано мету та завдання досліджень, викладено наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, надано відомості про обсяг дисертації, публікації та апробації результатів, інформацію про практичні результати дослідження, а також особистий внесок автора у наукові дослідження.

У **першому розділі** автором виконано огляд науково-технічної літератури та проведено комплексний огляд існуючих класифікацій армуючих текстильних елементів із урахуванням їх просторової вимірності, орієнтації волокон, способів формування структури та технологічних обмежень. Проаналізовано сучасні підходи до створення армуючих текстильних конструкцій. Окрему увагу приділено процесу утворення однопниткового ланцюгового стібка типу 101 та механізмам швейних машин, що забезпечують його виконання, з огляду на їх застосування у технологіях наскрізного армування.

Проведено детальний аналіз конструктивних схем і кінематичних особливостей основних механізмів швейних машин, призначених для формування стібка типу 101, зокрема механізмів голки, ниткоподавача, розширювача та подачі матеріалів. Виявлено недоліки існуючих конструкцій механізмів подачі нитки, серед яких - відсутність адаптації до зміни товщини матеріалів і обмежена можливість регулювання подачі нитки. Показано відсутність досліджень, пов'язаних із побудовою синхрограм і аналітичних моделей функцій подачі нитки, особливо з урахуванням змінних технологічних параметрів стібка. Це стало підґрунтям для формулювання наукової проблеми та визначення напрямів подальших досліджень у межах дисертаційної роботи.

У **другому розділі** проведено теоретичне дослідження з обґрунтуванням механізмів утворення армуючих текстильних структур, яке включає класифікацію текстильних преформ за типом волокон, способом формування, орієнтацією ниток і структурною впорядкованістю. Побудовано об'єктно-орієнтовану модель механіко-технологічної системи, що описує взаємодію матеріалів та робочих органів машин.

Особливу увагу приділено детальному аналізу технологічного процесу утворення стібка типу 101, з побудовою функцій положення робочих органів — голки, ниткоподавача, розширювача та зубчастой рейки, а також аналізу фазової узгодженості робочих органів і розробленню типової синхрограми машини.

Розглянуто ієрархічну модель структури армуючих 3D текстильних систем, сформовану шляхом інтеграції технологій в'язання, ткацтва, плетіння та шиття, яка дозволяє моделювати механічну поведінку армуючих елементів у CAD/CAE-середовищах. Такий підхід забезпечує

базу для подальшого синтезу конструкцій і автоматизованих механізмів подачі нитки.

У третьому розділі подано результати аналізу функціонування робочих органів швейної машини типу GK-9-2 під час утворення стібка типу 101. Побудовано математичні функції положення: зубчастої рейки, голки, розширювача, ниткоподавача, а також функції подачі нитки. Ці функції стали основою для формування синхрограми, яка забезпечує комплексний аналіз узгодженості фаз руху механізмів.

Аналітичні розрахунки показали, що дійсна подача нитки перевищує необхідну. Встановлено, що надлишок поданої нитки в процесі утворення стібка погіршує якість шва, не забезпечує належне міжшарове армування та призводить до неоднорідності натягу при змінних технологічних параметрах стібка.

Проведено тензометричні вимірювання зусиль натягу нитки. Виконано регресійний аналіз, який підтвердив домінуючий вплив товщини матеріалу, одного з ключових технологічних параметрів, на функцію подачі нитки. На основі отриманих даних побудовано градієнтну модель, що описує залежність подачі нитки від фазового кута ϕ та варіацій технологічних параметрів стібка.

У четвертому розділі представлено розробку нового механізму подачі нитки з розгалуженим кінематичним ланцюгом, що включає додатковий ниткоподавач і нитконапрямники. Визначено раціональні параметри цього механізму, побудовано функції положення ниткоподавачів та реалізовано алгоритм оптимізаційного синтезу його параметрів за методом Монте-Карло. Встановлено залежності між положенням нитконапрямника, довжиною його важеля та товщиною матеріалу.

Сконструйований механізм продемонстрував здатність до автоматизованого регулювання подачі нитки, що забезпечує його ефективне застосування для зшивання багатошарових армуючих текстильних структур у виробництві композитних матеріалів. Це підтверджено тензометричними порівняннями зусилля натягу нитки базової та нової конструкції, яке показало здатність нового механізму автоматично адаптувати подачу нитки залежно від змінної товщини матеріалів.

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.

Результати дисертаційної роботи висвітлені у повному обсязі в 11 наукових публікаціях здобувача, з них: 2 статті у наукових виданнях, що індексується науково-метричною базою даних Scopus, 1 стаття у науковому виданні, включеному на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України категорії Б. Результати дослідження були апробовані на 6 наукових міжнародних конференціях.

Обсяг наукових публікацій здобувача свідчить про високий рівень теоретичної підготовки, володіння сучасними методами дослідження та глибоке розуміння актуальних проблем. У публікаціях простежується

логічність викладення матеріалу, аргументованість наукових висновків, коректне посилання на джерела інформації. Автор дотримується загальноприйнятої наукової термінології, чітко формулює мету та завдання досліджень, логічно структурує текст та обґрунтовує результати.

Дискусійні моменти та зауваження до дисертаційної роботи.

Загалом оцінюючи роботу позитивно, вважаю за необхідне висловити декілька зауважень:

1. Перший розділ є надмірно деталізованим, містить велику кількість оглядових матеріалів, що могли б бути скорочені або подані у вигляді узагальнюючих таблиць і схем.

2. Рисунки 1.1 та 1.5 представлено в низькій якості зображення (замала роздільна здатність).

3. Окремі рисунки (рис. 1.2, 1.3, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 1.12, 1.13, 2.8, 2.10) містять англomовні написи. Доцільно було б їх зробити українською мовою.

4. Схема узагальненої топології об'єктно-орієнтованого проектування механіко-технологічних систем 3D-тканин (рис. 2.3) не є інформативною.

5. На окремих графіках, діаграмах тощо частина підписів відображена некоректно, зокрема бракує одиниць вимірювання зазначених параметрів (рис. 3.6, 3.17, 3.18, 4.10, 4.18).

6. Структура деяких розділів дисертації не зовсім відповідає вимогам до наукової побудови тексту, зокрема окремі розділи та підрозділи представлені одним абзацом (2.7.1, 3.5.1, 3.5.5, 3.6.3, 4.2.4).

7. У третьому та четвертому розділах спостерігається надмірна деталізація технічних процедур, що ускладнює сприйняття основних наукових положень і висновків.

8. По тексту дисертації зустрічаються граматичні та стилістичні помилки, неузгодженість слів у реченнях, пропущені слова, деякі формулювання потребують уточнення.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу.

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Безуглого Дмитра Миколайовича на тему «Удосконалення швейних машин для виготовлення армуючих елементів композитних виробів» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 13 «Механічна інженерія».

Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам, що передбачені в п.6-9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Безуглий Дмитро Миколайович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 13 «Механічна інженерія» за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування».

Офіційний рецензент:

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри механічної інженерії
Київського національного університету
технологій та дизайну

 / Микола РУБАНКА/

