

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Безуглого Дмитра Миколайовича

на тему: «Удосконалення швейних машин для виготовлення армуючих елементів композитних виробів»,
представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань
13 Механічна інженерія за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування

Актуальність дисертаційної роботи

Одним із ключових напрямів розвитку сучасного машинобудування є створення високоефективних конструкцій із композиційних матеріалів, які мають високу питому міцність, жорсткість і надійність при зниженій масі. Такі матеріали знаходять широке застосування в авіаційній, автомобільній, суднобудівній, оборонній промисловості, а також у галузях легкої та текстильної індустрії. Одним із перспективних підходів до виготовлення композиційних виробів є використання армуючих 2D- і 3D-текстильних каркасів із прогнозованою механічною поведінкою готових конструкцій.

Серед різноманіття методів формування армуючих текстильних структур особливе місце посідає швейне з'єднання, зокрема з використанням однопниткового ланцюгового стібка типу 101. Воно характеризується простотою реалізації, технологічною гнучкістю та придатністю для локального армування або збирання складніших конструкцій.

Разом із тим, використання швейних машин однопниткового ланцюгового стібка у технологічному процесі виготовлення армуючих елементів пов'язане з низкою проблем. Однією з найсуттєвіших це забезпечення стійкості процесу утворення стібка, однорідності структури стібків при змінних технологічних параметрах стібка (товщи багат шарових матеріалів, довжини стібка). Існуючі промислові швейні машини конструктивного ряду GK-9 не обладнані засобами адаптивного регулювання подачі нитки, а їх налаштування на певні технологічні параметри стібка виконуються вручну. Це унеможлиблює їх ефективне використання при різких перепадах товщини матеріалів, оскільки не забезпечується рівномірність структури стібка по всій строчці.

Таким чином, необхідність підвищення ефективності та адаптивності швейних машин для забезпечення якісного виготовлення армуючих елементів, розширення можливостей формування 3D-преформ, а також відсутність у науково-технічній літературі комплексних досліджень механізмів подачі нитки при змінних технологічних параметрах ланцюгового стібка типу 101, зумовлює високу актуальність теми дисертаційного дослідження.

Наукова новизна результатів дисертаційної роботи

Безуглий Д.М. теоретично та експериментально обґрунтував удосконалення швейних машин однопниткового ланцюгового стібка для виготовлення армуючих елементів композитних виробів з автоматизованим регулюванням подачі нитки. Зокрема, наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає у наступному.

Вперше:

- встановлено закономірності процесу утворення однопниткового ланцюгового стібка типу 101 з урахуванням взаємодії робочих органів та механізму подачі нитки за змінних технологічних параметрів стібка;
- побудовано узагальнену аналітичну модель функції необхідної подачі нитки з урахуванням градієнтної оцінки її зміни залежно від технологічних параметрів стібка;
- експериментально визначено зусилля натягу нитки під час зшивання матеріалів різної товщини;
- побудовано узагальнену синхрограму роботи функціональних механізмів швейної машини, для зшивання багатошарових текстильних матеріалів.

Набули подальшого розвитку:

- підходи до визначення функцій дійсної та необхідної подачі нитки з урахуванням змін товщини матеріалів, що зшиваються, та довжини стібка;
- використання регресійного моделювання для визначення конструктивних параметрів механізму подачі нитки;
- використання методу Монте-Карло для синтезу параметрів механізмів подачі нитки.

Удосконалено:

- класифікацію текстильних армуючих елементів шляхом виокремлення двох рівнів класифікації: за способом їх формування і за технологією створення цілісної просторової форми.
- конструктивну схему механізму для автоматизованого регулювання подачі нитки.

Короткий аналіз основного змісту дисертації

Детальне вивчення результатів дослідження свідчить про те, що дисертація, подана Безуглим Д.М. до захисту, є завершеною науково-дослідною роботою. Структура дисертації є чіткою та лаконічною, складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Робота містить 194 сторінок основного тексту, 78 рисунків, 48 таблиць, список

використаних джерел зі 191 найменувань, додатки на 51 сторінках. Загальний обсяг дисертації – 267 сторінок.

У вступі автором обґрунтована актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовані мета і задачі досліджень, викладені наукова новизна і практичне значення результатів, наведені дані про особистий внесок автора та апробацію результатів досліджень.

У першому розділі дисертації здійснено ґрунтовний аналітичний огляд сучасного стану наукових і технічних розробок, пов'язаних із формуванням текстильних армуючих елементів для композитних конструкцій. Наведено критичний аналіз класифікацій армуючих преформ за такими критеріями, як вимірність, просторово-орієнтаційна структура волокон та технології їх виготовлення. Докладно охарактеризовано основні технології виготовлення армуючих структур з оцінкою їхньої функціональної ефективності в умовах експлуатації багатошарових та просторових композиційних матеріалів. Окремо розглянуто переваги пошарового та наскрізного армування, а також використання ниткових з'єднань як структурних армуючих елементів у текстильних пакетах.

Особлива увага приділена аналізу особливостей процесу утворення одониткового ланцюгового стібка типу 101, з урахуванням взаємодії голки, розширювача, зубчастої рейки та ниткоподавача. Проаналізовано типові структури основних механізмів швейних машин одониткового ланцюгового стібка типу 101. Підкреслено відсутність у доступній науково-технічній літературі повноцінної синхрограми машини, адаптованої до умов змінної товщини зшиваних матеріалів. Це ускладнює розробку та проектування обладнання, здатного забезпечувати рівномірність структури стібка за змінних технологічних параметрів у процесі виготовлення багатошарових текстильних структур.

У підсумку розділу сформульовано основні науково-практичні задачі, що потребують розв'язання в межах подальшого дослідження.

У другому розділі дисертаційної роботи представлено комплексне аналітичне дослідження, спрямоване на удосконалення процесів формування армуючих текстильних структур для композитних матеріалів з урахуванням особливостей їхньої геометрії, механіки та технологій формування. Основна увага зосереджена на аналізі закономірностей утворення армуючих елементів і обґрунтуванні техніко-технологічних рішень для ефективного проектування обладнання з адаптивними функціями подачі нитки.

Зокрема, удосконалено класифікацію текстильних армуючих преформ. Запропонована систематизація охоплює такі ознаки, як тип армуючих волокон, спосіб формування структури, ступінь впорядкованості та просторову

орієнтацію армувальних елементів. Такий підхід дозволив глибше проаналізувати їхню геометричну конфігурацію та взаємозв'язок із механічними властивостями композитів.

Побудовано об'єктно-орієнтовану модель механіко-технологічної системи, яка описує взаємодію матеріалів, інструментів, виконавчих механізмів та мехатронних модулів. Це дозволило системно оцінити переваги та обмеження різних технологічних підходів і сформулювати вимоги до компоновки швейного обладнання для роботи з армуючими структурами.

Детально проаналізовано процес утворення однопіткового ланцюгового стібка типу 101. Визначено характерні етапи й ключові моменти процесу утворення стібка, а також функції положення основних виконавчих органів. Побудовано типову синхрограму їх узгодженого руху, яка є основою для наступного моделювання функції подачі нитки та розроблення спеціального обладнання.

Запропоновано трирівневу модель силової рівноваги в стібку, що враховує пружні характеристики нитки, конфігурацію шва та напрямки діючих сил на мікро-, міні- та макрорівнях. Це дало змогу кількісно оцінити напружено-деформований стан нитки у вузлах з'єднання та визначити вплив технологічних параметрів на стабільність армування.

Окрему частину розділу присвячено розробленню ієрархічної моделі 3D текстильної структури, яка базується на в'язальних, ткацьких, плетених і швейних технологіях формування.

У третьому розділі дисертації викладено результати комплексного аналітичного та експериментального дослідження функціональності механізмів швейної машини типу GK-9-2 при утворенні однопіткового ланцюгового стібка типу 101. Отримано функції положення основних робочих органів машини, що дозволило сформувати повну синхрограму їх взаємодії. Визначено функції дійсної та необхідної подачі нитки в одному циклі утворення стібка, що стало основою для порівняльного аналізу та виявлення функціональних відхилень механізмів подачі нитки.

Встановлено, що в реальних умовах дійсна подача нитки систематично перевищує необхідну, в окремих випадках – до 64,4 %, що свідчить про нестабільність процесу утворення стібка та впливає на його якість. Така невідповідність призводить до зміни структури стібка, зростання зусиль натягу нитки, перетягування нитки з попередніх стібків, зморшкуватості шва та інших дефектів. Найбільше перевищення зафіксовано при товщині матеріалу $m = 0,4$ мм і довжині стібка $t = 8$ мм: 53,3 мм дійсної подачі замість ≈ 30 мм необхідної.

Експериментально визначено залежність зусилля натягу нитки від товщини зшиваного матеріалу. Встановлено, що при збільшенні товщини у 20

разів натяг зріс у 5 разів, що підтверджує необхідність розробки адаптивної системи компенсації натягу. Виникаюче при цьому динамічне навантаження може призводити до розриву нитки, деформації петель та інших дефектів шва.

Застосовано двофакторний регресійний аналіз, який дозволив кількісно оцінити вплив товщини матеріалу та довжини стібка на необхідну подачу нитки в різних фазах процесу утворення стібка, а також отримати регресійну модель функції необхідної подачі нитки. Аналіз градієнта подачі нитки виявив максимальне значення при куті положення головного валу 170° , що відповідає фазі скидання попередньої петлі нитки. Встановлено, що вплив товщини матеріалу є більш вагомим, ніж довжини стібка.

Сформована узагальнена синхрограма забезпечила комплексну оцінку кінематичної взаємодії між усіма ключовими механізмами швейної машини, ідентифікацію потенційно нестабільних ділянок та обґрунтування рекомендацій щодо модернізації механізму подачі нитки. Отримані результати були застосовані для синтезу нового механізму подачі нитки з підвищеними функціональними характеристиками.

У четвертому розділі дисертації виконано розробку, аналітичне дослідження, оптимізаційний синтез та експериментальну перевірку нового механізму подачі голкової нитки з автоматичним регулюванням подачі нитки. Основною ідеєю є введення додаткового ниткоподавача, кінематично зв'язаного з притискною лапкою машини, що забезпечує узгодження подачі нитки з фактичною величиною товщини матеріалу.

Отримано функції положення ниткоподавачів механізму подачі нитки нової конструкції. Рациональні параметри ниткоподавачів і нитконапрямників визначені в процесі оптимізаційного синтезу конструкції механізму подачі нитки з використанням методу Монте-Карло. У результаті отримано геометрично узгоджені параметри елементів механізму, які забезпечують мінімальну стабільну похибку між дійсною та необхідною подачею нитки при різних значеннях технологічних параметрів стібка.

Експериментальні дослідження машини продемонстрували зниження зусиль натягу нитки в процесі утворення стібка на 35–50 % порівняно з базовою конструкцією, а також досягнення покращеної стабільності процесу затягування стібка при змінних технологічних параметрах.

Порівняльний аналіз із базовою конструкцією швейної машини типу GK-9-2 засвідчив ефективність розробленого механізму подачі нитки в умовах варіабельності товщини матеріалу та довжини стібка. Запропоноване технічне рішення підтвердило свою перспективність для впровадження у виробництво, зокрема в галузі виготовлення армуючих текстильних структур для композитних виробів, де висуваються високі вимоги до якості з'єднання шарів.

Ступінь обґрунтування наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірності

Обґрунтованість основних положень і висновків дисертації підтверджується використанням комплексу аналітичних та експериментальних методів дослідження, застосуванням фізичного і математичного моделювання, розрахунків з використанням комп'ютерної техніки та програмного забезпечення Mathcad та MS Excel. Теоретичні моделі функцій подачі нитки побудовані на основі кінематичного аналізу та апроксимації експериментальних даних з високими коефіцієнтами достовірності. Експериментальні дослідження виконані на модернізованій швейній машині типу GK-9-2 із використанням тензометрії.

Практичні результати дисертації полягають в можливості застосування її результатів для проєктування, модернізації та дослідження механізмів подачі нитки в швейних машинах ланцюгового стібка.

Зокрема, у створенні функції необхідної подачі нитки, придатної як еталонної при розрахунку механізмів у системах автоматизованого проєктування, розробці регресійних моделей для інженерної оцінки та адаптивного керування процесом зшивання, а також у результатах оптимізаційного синтезу, що можуть бути використані для модернізації швейного обладнання. Удосконалена машина та створена експериментальна база забезпечують можливість проведення наукових досліджень, лабораторних робіт, при підготовці відповідних фахівців.

Оформлення дисертації, дотримання вимог академічної доброчесності та повнота викладу наукових положень та наукових результатів в опублікованих працях

Дисертаційна робота Безуглого Дмитра Миколайовича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, копіювання, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати та тексти інших авторів мають належні посилання на літературне джерело.

Наукові результати висвітлені у наукових публікаціях здобувача, серед яких: 1 стаття у науковому фаховому виданні України; 2 статті у виданнях, які входять до міжнародних науко-метричних баз «Scopus» та/або «Web of Science Core Collection». Також результати дисертації були апробовані на 8 наукових міжнародних та всеукраїнських конференціях. У працях, написаних у співавторстві, доробок здобувача визначено.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені в наукових публікаціях здобувача.

Мова та стиль дисертаційної роботи

Дисертаційна робота написана діловою українською мовою з науковим стилем викладення її змісту. Вона характеризується цілісною, змістовною завершеною, логічною послідовністю розглянутих питань, чіткістю, ясністю та достовірністю викладення матеріалів дослідження.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. №40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Зауваження та дискусійні положення щодо змісту дисертації

1. Перший розділ містить багато корисної та ґрунтовної інформації, однак його обсяг перевищує оптимальні межі для дисертаційної роботи. Містить окремі повтори, надмірно детальні описи конструкцій і технологій, деякі з яких безпосередньо не стосуються теми дослідження.

2. Рисунки 1.1; 1.2; 1.3; 1.6; 1.7; 1.8; 1.9; 1.12; 1.13; 2.8 представлені в оригінальному вигляді з підписами англійською мовою без перекладу, що ускладнює сприйняття інформації.

2. У третьому розділі недостатньо уваги приділено аналізу впливу похибок вимірювань на достовірність побудованих функцій, а також в представлених поліноміальних моделях відсутнє обґрунтування вибору порядку полінома для кожного інтервалу.

3. У четвертому розділі конструкція нового механізму подачі нитки описана достатньо детально, представлено кінематичні схеми відповідних механізмів, однак відсутні креслення із зазначенням необхідних розмірів.

4. Вплив еластичності нитки на форму функції подачі враховано загально, але немає окремих моделей для ниток з різними модулями пружності.

5. Доведено покращення функціональності механізму подачі нитки при змінній товщині матеріалу, але нема випробувань на різких ступінчастих переходах товщини, або ці результати не структуровані.

6. У тексті дисертації зустрічаються орфографічні та пунктуаційні помилки на сторінках 3, 7, 8, 10, 12, 15, 19, 23, 27, 32 та 35. Також по тексту мають місце незначні недоліки форматування тексту. Наприклад, відступ абзацу в деяких місцях суттєво більший ніж по тексту в цілому. Або вирівнювання тексту у деяких абзацах виконано не по всій ширині сторінки.

7. У четвертому розділі здійснено розробку структури нових механізмів подачі нитки, однак, в той само час, дані дослідження не підкріплені патентами

на корисну модель чи винахід. Бажано було втілити розробку механізмів у відповідні об'єкти інтелектуальної власності.

Вказані зауваження не зменшують в цілому позитивну оцінку роботи і мають рекомендаційний характер щодо встановлених недоліків.

Загальні висновки щодо дисертації

Вважаю, що дисертація Безуглого Дмитра Миколайовича на тему «Удосконалення швейних машин для виготовлення армуючих елементів композитних виробів», що представлена на здобуття ступеня доктора філософії у галузі знань 13 Механічна інженерія спеціальності 133 Галузеве машинобудування 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 чинного законодавства України, 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, а також наказу Міністерства науки і освіти України від 12.01.2017 р. №40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації».

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

Офіційний опонент,

доктор технічних наук, доцент,

професор кафедри автомобільного

транспорту та сучасної інженерії

ЗВО «Відкритий міжнародний університет

розвитку людини «Україна»



Марк ЗАЛЮБОВСЬКИЙ

**ПІДПИС
ЗАСВІДЧУЮ**

12.08.2023