

<https://doi.org/10.31891/2307-5732-2025-351-43>
УДК 687.053.1

МАНОЙЛЕНКО ОЛЕКСАНДР

Київський національний університет технологій та дизайну
<https://orcid.org/0000-0002-5670-4977>
e-mail: manojlenko.op@kntud.edu.ua

БЕЗУГЛИЙ ДМИТРО

Київський національний університет технологій та дизайну
<https://orcid.org/0009-0002-4071-0464>
e-mail: bezuhyi.dm@kntud.edu.ua

ГОРОБЕЦЬ ВАСИЛЬ

Київський національний університет технологій та дизайну
<https://orcid.org/0000-0001-5174-3224>
e-mail: VA1948@ukr.net

БУРМІСТЕНКОВ ОЛЕКСАНДР

Київський національний університет технологій та дизайну
<https://orcid.org/0000-0003-0001-4229>
e-mail: burmistenkov.op@kntud.com.ua

АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМІВ ПОДАЧІ ІДЕАЛЬНОЇ НИТКИ ШВЕЙНИХ МАШИН ОДНОНИТКОВОГО ЛАНЦЮГОВОГО СТІБКА ТИПУ 101

У роботі досліджено механізм подачі нитки типових швейних машин для утворення одониткового ланцюгового стібка типу 101, проаналізовано характер закону функції дійсної подачі ідеальної нитки та її відповідність до необхідної. Дослідження зосереджено на геометричних та кінематичних характеристиках механізму подачі нитки без розгляду впливу частоти обертання головного вала та натягу нитки, при чому нитка в розрахунках вважається ідеальною.

Отримані результати показали, що в цих машинах спостерігається надмірна подача нитки (відхилення 6,2–64,4%), що призводить до перевищення необхідних параметрів (наприклад, 53,3 мм проти необхідних приблизно 32 мм при мінімальних параметрах стібка). Відсутність можливості регулювання значень функції дійсної подачі призводить до неоднорідної структури строчки при різних товщинах матеріалів та довжини стібка, що негативно впливає на кінцеві фізико-механічні властивості ниткового з'єднання або армування 3D каркасних текстильних виробів.

Отримані дані підтверджують достатню точність аналітичної моделі (відхилення не перевищують $\pm 2\%$) і можуть бути використані для вдосконалення, або розроблення механізму подачі нитки з можливістю регулювання закону подачі нитки. Характер функції подачі нитки дозволяє оцінити процес утворення стібка типу 101 в першому наближенні та дати об'єктивну оцінку його якості утворення, а отримані аналітичні залежності можуть бути застосовані для подальших досліджень з урахуванням реальних фізико-механічних характеристик різних ниток та для розроблення нових механізмів або вдосконалення існуючих для покращення процесу утворення стібка.

Ключові слова: одонитковий ланцюговий стібок, механізм подачі нитки, швейна машина, функція дійсної подачі ідеальної нитки, аналітична модель.

MANOILENKO OLEKSANDR

BEZUHLYI DMYTRO

HOROBETS VASYL

BURMISTENKOV OLEKSANDR

Kyiv National University of Technologies and Design

SINGLE-THREAD CHAIN STITCH TYPE 101 SEWING MACHINES

The paper investigates the thread take-up mechanism of typical sewing machines used to form single-thread chain stitches of type 101. The nature of the actual thread feed function for an ideal thread and its correspondence to the required feed is analyzed. The study focuses on the geometric and kinematic characteristics of the thread take-up mechanism, without considering the influence of the main shaft rotation frequency or thread tension; the thread is assumed to be ideal in the calculations.

The results show that these machines demonstrate excessive thread feeding (deviations of 6.2–64.4%), which leads to a significant oversupply compared to the required parameters (e.g., 53.3 mm versus the required ≈ 32 mm under minimal stitch conditions). The absence of a mechanism for adjusting the actual thread feed function results in an uneven stitch structure when sewing materials of varying thicknesses and stitch lengths. This negatively affects the final physical and mechanical properties of the thread connection or reinforcement in 3D textile framework products.

The obtained data confirm the sufficient accuracy of the analytical model (with deviations not exceeding $\pm 2\%$) and can be used for the improvement or development of a thread take-up mechanism with adjustable feed function. The nature of the feed function allows the stitch formation process of type 101 to be assessed in the first approximation and provides an objective evaluation of stitch quality. The derived analytical dependencies can be applied in further studies, taking into account the real physical and mechanical properties of different threads, and in the development or enhancement of mechanisms to improve the stitch formation process.

Keywords: single-thread chain stitch, thread take-up mechanism, sewing machine, actual thread feed function of ideal thread, analytical model.

Стаття надійшла до редакції / Received 11.04.2025

Прийнята до друку / Accepted 26.04.2025

Вступ

Швейні технології широко застосовуються для виготовлення виробів різного призначення — від одягу та галантерейної продукції до технічного текстилю. Вони також знаходять застосування в машинобудуванні, зокрема під час формування преформ із композиційних матеріалів. Серед різних типів швейного обладнання важливе місце займають машини ланцюгового стібка, які, порівняно з човниковими, мають низку переваг: придатність до автоматизації, умовна безперервність процесу та відносна простота конструкції. Такі машини виготовляються провідними виробниками, зокрема Juki, Yamato, Pegasus, Bruce, Siruba, Kansai-Special та іншими.

Особливий інтерес викликають одониткові ланцюгові стібки типу 101, зокрема можливість їх застосування для формування 3D каркасних текстильних структур. Хоча традиційно ці стібки використовуються для зашивання мішків або створення тимчасових з'єднань, останнім часом вони знаходять застосування у виробництві 2D і 3D преформ із композитних матеріалів. Їх основним недоліком є схильність до саморозпускання, що обмежує використання у більшості швейних виробів. Проте ця властивість є корисною в технологічних процесах, де необхідні тимчасові з'єднання або армування об'ємних текстильних конструкцій, у яких додаткову фіксацію забезпечують епоксидні, поліефірні, фенольні та інші смоли. До переваг стібка типу 101 належать простота формування, мінімальні витрати нитки, висока еластичність та можливість реалізації безперервної подачі нитки.

З'єднання рельєфних форм з текстильних матеріалів зі змінною товщиною супроводжується труднощами у забезпеченні стабільної якості стібка. Це зумовлено порушенням структури з'єднання, нестабільністю натягу та перетягуванням нитки з попередніх стібків. Основною причиною таких дефектів є розбіжність між фактичною та необхідною подачею нитки при зміні товщини матеріалу.

Одониткові ланцюгові стібки вирізняються меншою чутливістю до змін натягу нитки, що дозволяє використовувати спрощені механізми подачі нитки, інтегровані в механізм голки. Проте в науковій літературі бракує систематизованої інформації щодо форми графіка функції подачі нитки. Відсутність таких даних ускладнює проектування та налаштування відповідних механізмів, що обмежує ефективність їх використання, зокрема при з'єднанні шарів текстильних конструкцій змінної товщини. Це зумовлює необхідність цілеспрямованого дослідження для забезпечення раціонального застосування одониткових стібків у виробництві 2D- і 3D-текстильних каркасів.

Аналіз досліджень та публікацій

У науковій літературі широко розглядаються питання класифікації швейних стібків [1, 2] та оцінки економічної доцільності їх застосування на основі визначення витрат ниток [3–7]. Однак, попри наявність значного обсягу публікацій, відсутній системний аналіз процесу формування стібка в умовах змінної товщини матеріалів, що є характерним для сучасних технічних виробів, зокрема при виготовленні преформ із композитних текстильних матеріалів.

Технологічні обмеження, пов'язані з максимальною довжиною стібка t , товщиною пакету m , положенням голки St , періодом транспортування φ_m та іншими параметрами, розглянуто в роботах [8–10]. Проте ці дослідження зосереджені переважно на розрахунках взаємодії голки, петельника та човника й не враховують вплив механізмів подачі нитки на якість формування стібка.

Функціональні залежності, які характеризують подачу нитки, зокрема дійсна $P(\varphi)$ і необхідна $P'(\varphi)$, детально досліджено для човникових та багатониткових ланцюгових стібків у роботах [11–24]. Зокрема, у [11–14] розглянуто стібки типу 301, у [15] — типу 103, а в [16–23] — стібки класу 400. Ці праці становлять важливу основу для аналітичної оцінки процесу формування стібків різних типів. Натомість для одониткового ланцюгового стібка типу 101 подібні аналітичні дослідження відсутні, що унеможливує об'єктивну оцінку умов його формування. Наявне лише окреме експериментальне дослідження [24], у якому розглянуто функції дійсної та необхідної подачі нитки без подальшого аналітичного узагальнення.

Особливу увагу у джерелах [19–23] приділено впливу фізико-механічних властивостей ниток на подачу та формування стібка. Показано, що розтяжні нитки можуть частково компенсувати відхилення між $P(\varphi)$ та $P'(\varphi)$. Проте для жорстких або композитних ниток така компенсація неможлива, що призводить до перетягування з попередніх стібків і втрати його однорідності та структури та прояву неоднорідності ниткового з'єднання.

У роботах [25–31] авторами розглядається застосування ланцюгових стібків, зокрема типу 101, у машинобудуванні, в тому числі для армування преформ. Однак ці дослідження здебільшого мають прикладний характер і не містять аналітичної оцінки механізмів подачі нитки та функцій подачі нитки, або інших закономірностей, що визначають формування якісного стібка.

Публікації [32–35] присвячені контролю натягу нитки з використанням мехатронних систем, однак стосуються переважно стібків човникового типу. Аналогічно, у [33–36] представлено моделі ниткоподавачів повзунного типу, які потенційно можуть бути адаптовані для стібка 101, але без конкретної реалізації таких досліджень. У роботах [37–40] розглядаються питання проектування ниткопровідних контурів, вплив кривизни напрямників і інші подібні конструктивні особливості механізмів подачі однак їх зв'язок із функцією подачі нитки у стібку 101 залишається нерозкритим.

Таким чином, проведений аналіз літератури засвідчує, що для одониткових ланцюгових стібків типу 101 бракує цілісних досліджень, які б комплексно враховували подачу нитки, її натяг,

зміну товщини матеріалів, а також вплив цих чинників на якість шва. Це зумовлює необхідність аналітичного дослідження функцій подачі нитки з урахуванням реальних умов експлуатації швейних машин, що, своєю чергою, є критично важливим для забезпечення стабільності процесу утворення стібка у виробництві складних текстильних каркасів.

Формулювання цілей статті

Метою роботи є отримання аналітичних залежностей та дослідження функцій дійсної подачі нитки при формуванні однопниткового ланцюгового стібка типу 101, а також формалізація значень цих функцій в умовах зшивання матеріалів зі змінною товщиною.

Виклад основного матеріалу

Об'єктами досліджень були механізми подачі нитки базових машин конструктивного ряду GK-9 (GK9-2, Gk9-10, GK9-18A, GK9-202, GK 9-500, GK9-801, Gk9-886, GK9-890C, GK-9000A), Gk26-1A, GK 35 (GK 35-8), GK-3700, KP3000, RG-900D (RZ-668, RG-555) [41, 42]. В зазначених типах машин застосований механізм подачі нитки повзунного типу [43] з одним ниткоподавачем Т та системою нитконапрямників G_i (рис. 1). Функцію дійсної подачі цього механізму визначено за методикою, запропонованою в роботі [23]. Для цього загальний контур нитки розділено на «контур подачі нитки» та «контур витрат нитки» зі спільною точкою N, що відповідає положенню верхньої кромки вушка голки при її крайньому верхньому положенні.

Оскільки координати нитконапрямників і ниткоподавачів практично лежать в одній площині, «контур подачі» нитки машини GK-9-2 (рис. 1, б) розглядається у плоскій системі декартових координат YX, що дозволяє отримати результати з необхідною точністю подачі нитки, як зазначено в роботі [22]. Буквами G_i аналогічно роботі [23] позначені нитконапрямники, $T(\varphi)$ – ниткоподавач, який виконаний у вигляді отвору в голководі D ($D = 8$ мм) механізму голки, координати якого тотожні з функцією руху голки $S(\varphi)$ відносно кута повороту головного вала машини. Беручи до уваги, що діаметр голководу становить $D=8$ мм, у розрахунках координат по осі абсцис враховується його товщина. Зокрема, для визначення координати ниткоподавача $x_{T(\varphi)} - 0,5 D$ та $x_{T(\varphi)} + 0,5 D$ застосовуються співвідношення. Буквою N позначено умовну точку розділення контуру подачі на контур витрат нитки, якій відповідає положення вушка голки при крайньому верхньому її положення. Параметри контуру подачі нитки наведені в табл. 1.

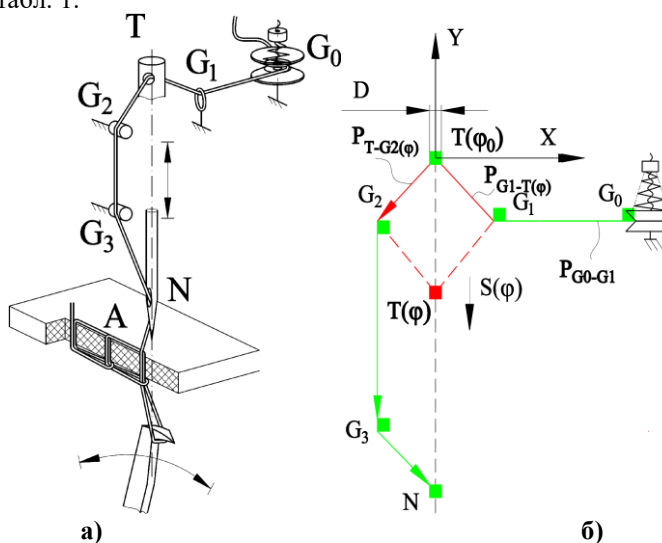


Рис. 1. Схема контурів подачі нитки машин GK-9-2: а – загальний контур нитки, б – розрахункова схема «контур подачі нитки»

Таблиця 1

Координати нитконапрямників та ниткоподавача

G_i	0	1	2	3	T^*	N
	i				КВП	
x	40	29	-11	-11	$\pm 0,5D$	0
y	-37	-37	-37	-135	0	-175

* – координати вказані при КВП ниткоподавача Т, знак «+» та «-» береться відповідно при визначенні ділянки $p_{G1-T(\varphi)}$ та $p_{T-G2(\varphi)}$

Для визначення функції дійсної подачі ідеальної нитки $P(\varphi)$ застосований вирази відповідно до розрахункової схеми контуру подачі (рис. 1). Таким чином функція дійсної подачі голкової нитки $P(\varphi)$ буде кусковою безперервною і визначена за методикою [21-23]:

$$P(\varphi) = \xi_0 - \xi(\varphi), \quad \xi(\varphi) = \sum_{i=1}^{i=n} p_{i-i+1}(\varphi), \quad \xi_0 = \sum_{i=1}^{i=n} p_{i-i+1} \quad (1)$$

де $\xi_0, \xi(\varphi)$ – довжина «контуру подачі», відповідно при значенні аргументу $\varphi=0^\circ$ та поточному значенні повороту головного валу машини φ мм;

$p_{i-i+1}, p_{i-i+1}(\varphi)$ – довжина i -ї ділянки «контуру подачі», відповідно при значенні аргументу $\varphi=0^\circ$ та поточному значенні повороту головного валу машини φ ;

Контур нитки представлено як суму вільних векторів, побудованих між відповідними нитконапрямниками G_0, G_1, G_3, N та ниткоподавача $T(\varphi)$.

Довжина ділянки контуру подачі $\xi(\varphi)$:

$$\xi(\varphi) = p_{G0-G1} + p_{G1-T}(\varphi) + p_{T-G2}(\varphi) + p_{G2-G3} + p_{G3-N} + D. \quad (2)$$

Для визначення довжини відрізків p_{i-i+1} в початковий момент відліку ($\varphi=0^\circ$) застосовані ті ж залежності, що й при визначенні відрізків $p_{i-i+1}(\varphi)$ при $\varphi=0^\circ$, в загальному вигляді довжини цих лінійних ділянок визначаються за відомими формулами аналітичної геометрії:

$$p_{i-i+1} = \sqrt{(x_i - x_{i+1})^2 + (y_i - y_{i+1})^2},$$

де x_i та y_i – відповідні координати нитконапрямників G_i , ниткоподавача $T(\varphi)$ та точки – N.

Крім того для більшої представлення за нуль прийнято значення φ , що відповідає крайньому верхньому положенню голки.

Механізм подачі нитки цієї машини повздовж усього процесу утворення стібка має постійне число елементарних ділянок тому функція подачі нитки тотожна з функцією положення голки і залежить фактично від зміни ділянок $p_{G1-T}(\varphi)$ та $p_{T-G2}(\varphi)$.

Функція положення ниткоподавача $T(\varphi)$ аналогічна функції механізму голки $S(\varphi)$. Механізм голки швейної машини GK-9-2 є шестиланковим кривошипно-повзунним механізмом, структура якого показана на рис. 2, а параметри наведено в таблиці 1.

Таблиця 2

Кінематичні параметри МПГН								
O ₁ A (a)	AB (b)	O ₁ O ₂ (d)	O ₂ B (c)	O ₂ C (m)	CD (n)	l	h	e
мм								
12	160	106.5	18	24	13	13	160	23

Функцію положення ниткоподавача $S(\varphi)=T(\varphi)$ визначимо з [23]:

$$S(\varphi) = n \cos \alpha - m \sin(\psi - \beta), \quad (3)$$

$$\text{де} \quad \sin \psi = \frac{-A_1 A_2 + A_1 \sqrt{A_1^2 + A_2^2 - A_3^2}}{A_1^2 + A_2^2},$$

$$A_1 = 2ac \cos \phi', A_2 = 2c(a \sin \phi' - d), A_3 = b^2 - a^2 - c^2 - d^2 + 2ad \sin \phi',$$

$$\phi' = \phi + \gamma, \quad \gamma = \arctan g \frac{l_1}{h}, \quad \alpha = \arcsin \frac{m \cos(\psi - \beta) - e}{n},$$

$$O_1 O_2 = d = \sqrt{h^2 + l^2}$$

$\beta=0^\circ$ – кут між коромислами O_2B та O_2C

Параметри, представлені в таблиці 2, були використані для визначення функцій положення ниткоподавача $T(\varphi)$, тоді як значення параметрів з таблиці 1 застосовувались для визначення функції дійсної подачі нитки, що відображає зміни контуру подачі нитки швейної машини GK-9-2.

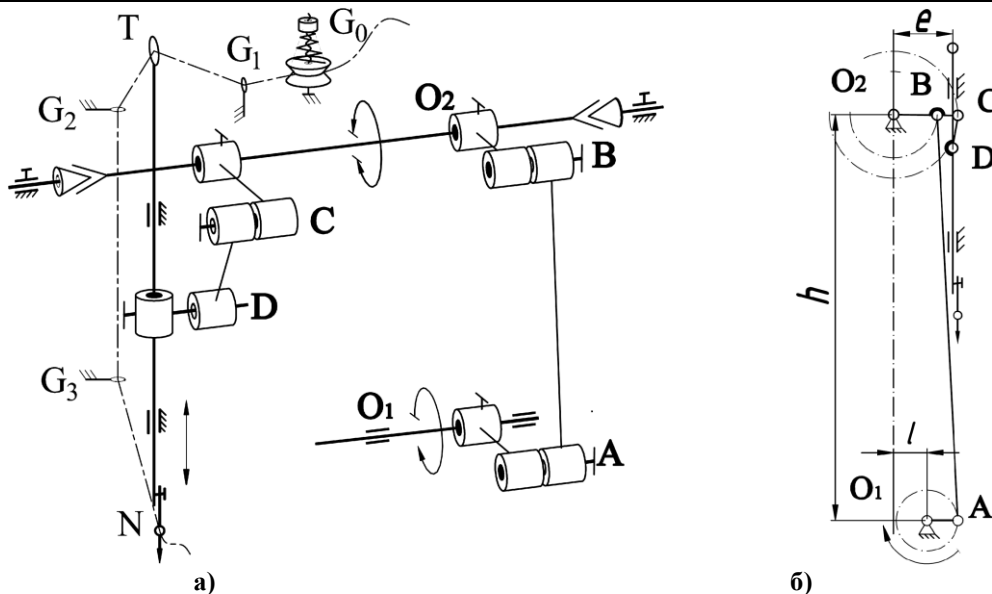
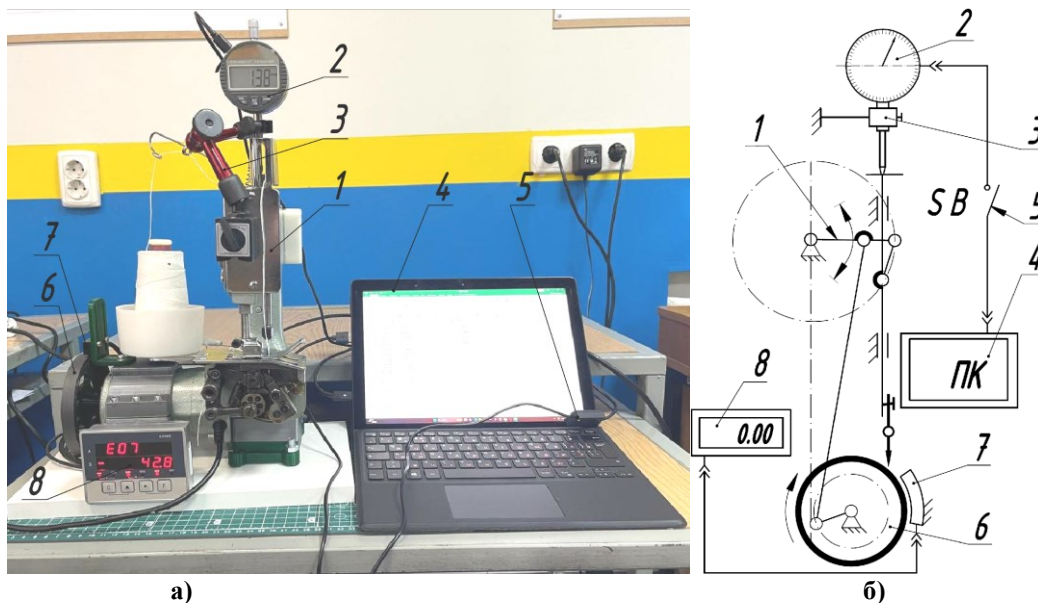


Рис. 2. Кінематичні схеми механізму голки машин GK-9-2:
а – в ізометричній проекції, б – в декартовій системі координат

З метою перевірки функції ниткоподавача $T(\varphi)$, яка була отримана теоретичним шляхом, виконано її визначення експериментальним методом за допомогою прямих вимірів. Для цього використовувалась швейна машина GK-9-2 – 1 (рис. 3), індикатор 2 був закріплений на штативі 3, а його наконечник встановлений на голководі машини 1. Індикатор 2 через USB був підключений до ПК 4 для запису вимірювань, які здійснювалися за допомогою кнопки 5. Кут повороту головного валу вимірювався за допомогою магнітного маховичка 6 та датчика 7, а показники кута виводилися на дисплей 8.

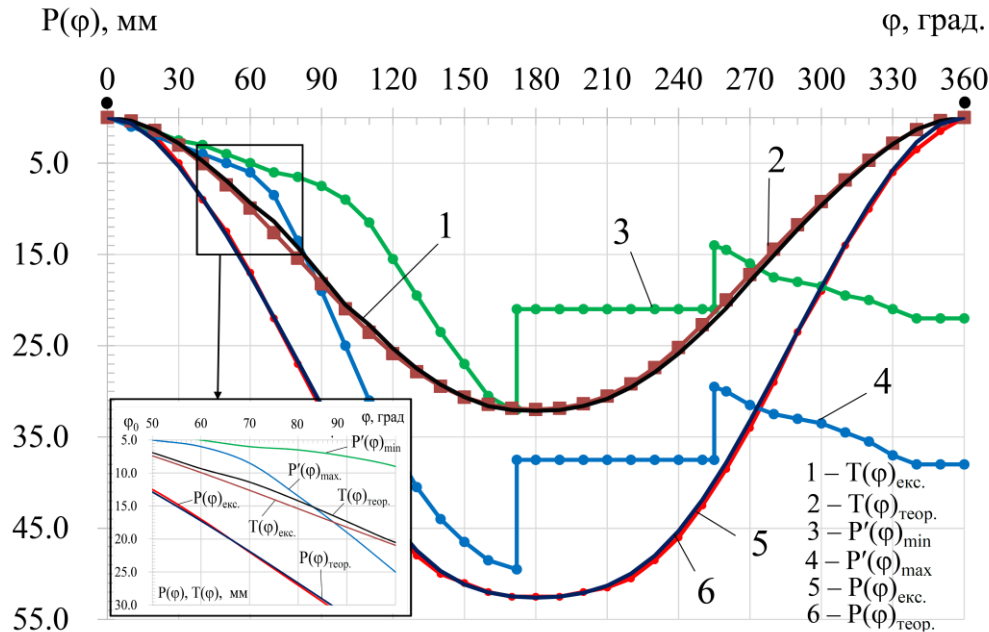


1 – швейна машина GK-9-2, 2 – індикатор, 3 – штатив, 4 – персональний комп'ютер (ноутбук), 5 – кнопка, 6 – магнітний маховик, 7 – датчик, 8 – цифровий дисплей для виміру кута повороту головного валу машини
Рис. 3. Експериментальна установка з вимірювання функції положення ниткоподавача $T(\varphi)$:
а – фото установки, б – кінематично-комбінована схема експериментальної установки

Для перевірки коректності отриманих значень функцій дійсної $P(\varphi)$ та необхідної $P'(\varphi)$ подачі нитки, їх зіставлено з експериментальними даними, наведеними у джерелі [24], отриманими на фізичній швейній машині GK-9-2 при мінімальних ($t_{\min}=8$ мм, $m_{\min}=0,4$ мм) та максимальних ($t_{\max}=14$ мм, $m_{\max}=12$ мм) значеннях технологічних параметрів стібка. Розрахунок положення голки здійснювався з кроком 10° , а обробка експериментальних результатів проводилась за методиками, описаними у роботах [44, 45], на основі серії з 10 спостережень.

На рис. 4 представлено графіки функції положення ниткоподавача $T(\varphi)$ (1, 2) та подачі нитки $P'(\varphi)$ (3, 4) і $P(\varphi)$ (5, 6), отримані як аналітичним, так і експериментальним шляхом на базі швейної машини GK-9-2. Криві 1 та 2 відображають відповідно теоретичні та експериментальні значення функції $T(\varphi)$; криві 3 та 4 — експериментальні значення функції необхідної подачі $P'(\varphi)$ при

мінімальних та максимальних технологічних параметрах стібка; криві 5 та 6 — відповідно теоретичні та експериментальні значення функції дійсної подачі нитки $P(\varphi)$.



- 1 – графік експериментальних значень функції положення ниткоподавача $T(\varphi)_{\text{екс.}}$,
 2 – графік теоретичних значень функції положення ниткоподавача $T(\varphi)_{\text{теор.}}$,
 3 – графік експериментальних значень функції необхідної подачі нитки $P'(\varphi)_{\text{мін}}$ при мінімальних значеннях технологічних параметрів стібка,
 4 – графік експериментальних значень функції необхідної подачі нитки $P'(\varphi)_{\text{макс}}$ при максимальних значеннях технологічних параметрів стібка,
 5 – графік експериментальних значень функції дійсної подачі нитки $P(\varphi)_{\text{екс.}}$,
 6 – графік теоретичних значень функції дійсної подачі нитки $P(\varphi)_{\text{теор.}}$.

Рис. 4. Графіки подачі нитки для швейної машини різних значень параметра GK-9-2

Аналіз графіків функції положення ниткоподавача $T(\varphi)$ (рис. 4) за теоретичними та експериментальними даними (криві 1 і 2) демонструє їхню високу узгодженість, що підтверджує адекватність запропонованої аналітичної моделі. Для функції дійсної подачі нитки $P(\varphi)$ (криві 5 і 6) також спостерігається практичний збіг аналітичних та експериментальних значень; похибки не перевищують порядок відхилень, характерних для функції $T(\varphi)$. Незначні розбіжності (до $\pm 2\%$) є наслідком малої довжини контуру подачі нитки порівняно з машинами багатониткового ланцюгового стібка [18-23] та використанням малорозтяжної нитки в експерименті.

Аналіз функцій дійсної $P(\varphi)$ та необхідної $P'(\varphi)$ подачі нитки (криві 5, 6 та 3, 4) виявив певні розбіжності між їх значенням. Експериментально визначена необхідна мінімальна подача нитки $P'(\varphi)_{\text{мін}}$ суттєво відрізняється від дійсної $P(\varphi)$: максимальне значення подачі нитки перевищує необхідне на 64,4% і становить 52,6 мм замість 32 мм (при $t_{\text{мін}}=8$ мм, $m_{\text{мін}}=0,4$ мм).

Така розбіжність може бути спричинена конструктивними особливостями механізму подачі нитки та його параметрами. Крім того, механізм спроектовано для максимально можливої товщини матеріалу ($t_{\text{макс}}=14$ мм, $m_{\text{макс}}=8$ мм), за якої максимальне значення функції необхідної подачі нитки $P'(\varphi)_{\text{макс}}$ становить приблизно 49,5 мм, що на 6,2 % менше дійсної подачі $P(\varphi)$. Варто зазначити, що машина не передбачає регулювання функції подачі нитки.

Тому за різних технологічних умов подача нитки змінюється і компенсується переміщенням нитки з попередніх стібків. Регулювання здійснюється шляхом зміни зусилля на регуляторі стібка, що призводить до нестабільності системи подачі нитки та залежить від параметрів самої нитки, зокрема її товщини, пружності та коефіцієнта тертя.

Ці відхилення можуть бути спричинені динамічними явищами в механізмі подачі нитки, пружними деформаціями нитки або конструктивними особливостями швейної машини. Це підкреслює необхідність вдосконалення математичної моделі для забезпечення точнішої відповідності опису процесу утворення стібка в реальних умовах роботи машини.

Отримані результати вказують на потребу в подальшому вдосконаленні математичної моделі функції необхідної подачі нитки, зокрема шляхом урахування її фізико-механічних властивостей, таких як жорсткість, деформаційна здатність та тертя. Це дозволить отримати більш реалістичні значення величини подачі нитки.

Крім того, важливим завданням є розроблення конструкції механізму подачі нитки з можливістю регулювання закону подачі. Це дасть змогу адаптувати подачу нитки до різних умов роботи швейної машини, мінімізуючи нестабільність та поліпшуючи якість зшивання.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

1. У швейних машинах для утворення одноститкового ланцюгового стібка виявлено надлишкову подачу нитки в межах 6,2–64,4%, що зумовлено конструктивними особливостями механізму подачі; максимальне значення функції подачі може сягати $P(\varphi)_{\max} = 53,3$ мм при необхідному мінімальному значенні $P(\varphi)_{\min} \approx 32$ мм.

2. Відсутність регулювання подачі нитки в залежності від технологічних умов компенсується перерозподілом нитки з попередніх стібків і регулюванням зусилля на регуляторі стібка. Це знижує стабільність подачі та залежить від параметрів нитки, зокрема її товщини ($m = 8$ мм), жорсткості та коефіцієнта тертя.

3. Вдосконалення математичної моделі подачі нитки з урахуванням її фізико-механічних властивостей (жорсткість, деформаційна здатність, тертя) і розроблення з її використанням механізмів з можливістю регулювання величини її подачі дозволить покращити умови роботи швейної машини та збільшити стабільність процесу утворення стібка.

Література

1. ISO 4916:1991. *Textiles. Seam types. Classification and terminology*. Geneva: ISO, 1991. 24 p.
2. DSTU ISO 4915:2015. *Textile materials. Types of seams*. Kyiv: Minekonomrozwytku Ukrainy, 2016. 18 p.
3. Manoilenko O. Topological analysis and synthesis of machine chain stitches. *Vlákna a textil (Fibres and Textiles)*. 2020. Vol. 27, № 4. P. 58–69. Available at: http://vat.ft.tul.cz/2020/4/VaT_2020_4_8.pdf
4. Malek S., Khedher F., Adolphe D. C., Jaouachi B. Sewing thread consumption for chain stitches of class 400 using geometrical and multilinear regression models. *AUTEX Research Journal*. 2021. Vol. 21, No. 1. DOI: <https://doi.org/10.2478/aut-2019-0051>
5. Rehman A., Rasheed A., Javed Z., Naeem M. S., Ramzan B., Karahan M. Geometrical model to determine sewing thread consumption for stitch class 406. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*. 2021. Vol. 29, No. 6 (150). P. 72–76. DOI: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0015.2726>
6. Abeysooriya R. P., Wickramasinghe G. L. D. Regression model to predict thread consumption incorporating thread-tension constraint: Study on lock-stitch 301 and chain-stitch 401. *Fashion and Textiles*. 2014. Vol. 1, No. 1. P. 1–8. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40691-014-0014-5>
7. Rasheed A., Sheraz A., Nauman A., Rehman A., Ramzan M. B. Geometrical model to calculate the consumption of sewing thread for 504 over-edge stitch. *Journal of the Textile Institute*. 2018. Vol. 109, No. 11. P. 1418–1423. DOI: <https://doi.org/10.1080/00405000.2018.1423902>
8. Пищиков В. О., Орловський Б. В. *Проектування швейних машин : навч. посіб. для студ. вищих навч. закладів*. Київ : Формат, 2007. 320 с.
9. Горобець В. А., Манойленко О. П. Розробка та дослідження комбінованих транспортувальних механізмів швейних машин. Повідомлення 1. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну*. 2010. № 1 (51). С. 7–10.
10. Коробченко Є. О., Горобець В. А., Крикун Є. Підвищення якості процесу переміщення матеріалу на швейних машинах. *Технології та інжиніринг*. 2024. № 3 (20). С. 31–46.
11. Орловський Б. В., Дворжак В. М., Радченко Є. С. Метричний синтез оберненого кулісного механізму ниткопритягувача швейної машини. Повідомлення 1. *Технології та дизайн*, 2011, № 1.
12. Орловський Б. В., Дворжак В. М., Радченко Є. С. Метричний синтез оберненого кулісного механізму ниткопритягувача швейної машини. Повідомлення 2. *Технології та дизайн*, 2012, № 1 (2).
13. Гудим А. Г., Манойленко О. П. Визначення функції дійсної подачі ідеальної нитки човникових швейних машин. *Мехатронні системи: інновації та інжиніринг : тези доповідей VII Міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 23 листопада 2023 року*. Київ: КНУТД, 2023. С. 83–84.
14. Манойленко О. П., Горобець В. А. Дослідження процесу ниткоподачі нитки швейних машин потайного одноститкового ланцюгового стібка. *Технології та дизайн*, 2011, № 1. URL: https://er.knuid.edu.ua/bitstream/123456789/2895/1/td_2011_N1_05.pdf
15. Горобець В. А., Манойленко О. П. Дослідження механізмів подачі верхньої нитки швейних машин двоститкового та багатониткового ланцюгового стібка. *Вісник КНУТД*, 2005, № 1 (21), С. 5–11.
16. Горобець В. А., Манойленко О. П. Аналіз процесу необхідної подачі верхньої нитки при утворенні стібків класу 400. *Вісник ХНУП. Технічні науки*, 2005, Т. 2, С. 36–41.
17. Горобець В. А., Манойленко О. П. Порівняльний аналіз механізмів подачі верхньої нитки швейних машин для виконання стібків класу 400. *Вісник КНУТД*, 2005, № 6 (36), С. 30–34.
18. Горобець В. А., Манойленко О. П. Діаграми подачі верхньої нитки при утворенні стібків класу 400 з урахуванням її деформації. Повідомлення 1. *Вісник КНУТД*, 2007, № 2 (34), С. 21–24.
19. Горобець В. А., Манойленко О. П. Діаграми подачі верхньої нитки при утворенні стібків класу 400 з урахуванням її деформації. Повідомлення 2. *Вісник КНУТД*, 2007, № 3 (35), С. 16–22.

20. Manoilenko O. P., Horobets V., Dvorzhak V., Kovalov Yu. A., Knsaziev I., Shkvyra V. Research of variable parameters of needle thread take-up mechanisms and development of recommendations for adjusting multi-thread chain stitch sewing machines. *Vlákna a textil (Fibres and Textiles)*, 2023, Vol. 30, No. 5, P. 52–60.
21. Manoilenko O. P., Horobets V., Dvorzhak V., Kovalov Yu. A., Knsaziev I., Shkvyra V. (2023). Research of variable parameters of needle thread take-up mechanisms and development of recommendations for adjusting multi-thread chain stitch sewing machines. *Vlákna a textil (Fibres and Textiles)*, 30(5), 52–60.
22. Manoilenko O., Dvorzhak V., Horobets V., Panasiuk I. (2024). Assessing the impact of sewing machine thread take-up mechanism parameters on the magnitude and nature of thread take-up. *Engineering Technological Systems*, 6(1), 64–75. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.315129>
23. Манойленко О. П. Розробка механізмів подачі голкової нитки сточувальних машин ланцюгового стібка : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Київ : КНУТД, 2008. 24 с.
24. Безуглий Д. М., Руснак Ю. В., Манойленко О. П. Дослідження процесу подачі нитки при утворенні однопіткового ланцюгового стібка. *Мехатронні системи: інновації та інжиніринг: тези доповідей VIII Міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 7 листопада 2024 року*. Київ : КНУТД, 2024. С. 32–34.
25. Fristedt T. *Novel fiber placement technologies for composite applications*. <https://www.tailoredfiberplacement.com/laystitch-acce-2012.pdf> (Accessed: Sept 12, 2012).
26. NASA Technical Reports Server. (1997). *Handbook of Analytical Methods for Textile Composites*. 176 p. <https://ntrs.nasa.gov/citations/19970017583>
27. Orlovsky B. V., Manoilenko O. P., Bezuhlyi D. M. (2023). Object-Oriented Analysis of Frame 3D Textile Structures. *Journal of Engineering Sciences*, 9(1), 1–5. [https://doi.org/10.21272/jes.2023.10\(2\).c4](https://doi.org/10.21272/jes.2023.10(2).c4)
28. McDonnell C., Hayes S., Potluri P. (2021). Investigation into the tensile properties of ISO-401 double-thread chain-stitched glass-fibre composites. *International Journal of Lightweight Materials and Manufacture*, 4(2), 203–209. <https://doi.org/10.1016/j.ijlmm.2020.11.001>
29. Wang X., Li H., Zhang Y., Guan Y., Yan S., Zhai J. (2024). Compressive failure characteristics of 3D four-directional braided composites with prefabricated holes. *Materials*, 17, 3821. <https://doi.org/10.3390/ma17153821>
30. Lee B., Herszberg I., Bannister M. K., Curiskis J. I. (1997). The effect of weft binder path length on the architecture of multi-layer woven carbon preforms. *Textile Composites and Characterisation*, 5, 260–269. https://www.iccm-central.org/Proceedings/ICCM11proceedings/papers/ICCM11_V5_27.pdf
31. Wang P., Legrand X., Soulat D. (2017). Three-dimensional textile preform using advanced textile technologies for composite manufacturing. *Textiles for Advanced Applications*, 161–189. <https://doi.org/10.5772/intechopen.68175>
32. Guin B., Roy R. (2021). Development of an automatic thread tension adjusting device for single needle lock stitch machine. In: *Advances in Industrial Machines and Mechanisms: Select Proceedings of IPROMM 2020*. Springer, Singapore. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-16-1769-0_18
33. Şafak Ş., Şaka Z., Özçelik Z. (2011). Modification of the classical needle bar and thread take-up lever mechanism in sewing machines. *Fibres Text. East. Eur.*, 93(4), 108–111. http://www.fibtex.lodz.pl/doi/AltS.01.2006.009/1/_sid/article759.html
34. Rengasamy R. S., Wesley D. S. (2011). Effect of thread structure on tension peaks during lock stitch sewing. *AUTEX Research Journal*, 11(1), 1–5. <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/aut-2011-110101/html>
35. Şafak Ş., Şaka Z., Özçelik Z. (2012). Modification of the classical needle bar and thread take-up lever mechanism in sewing machines. <https://acikerisim.selcuk.edu.tr/items/d59bee62-2153-4703-af9a-3a9bc5d0dfc5>
36. Малкін Є. С. Нитконатягач із регульованим вихідним натягом // *Вісник КНУТД*. – 2007. – № 2 (34). – С. 31–33.
37. Scherban V. (2017). Equalizations of dynamics of filament interactive with surface. *Intellectual Archive*, 6(1), 22–26. <https://www.intellectualarchive.com/?link=item&id=1782>
38. Щербань В. Ю., Іщенко В. Д., Колиско О. З., Гольдберг М. І., Щербань Ю. Ю. (2022). Комп'ютерна реалізація алгоритму Дейкстри для визначення форми заправки нитки на основі пошуку оптимального шляху графа. *Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки*, № 3 (309), 217–220. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2022-309-3-217-220>
39. Shcherban V., Kolysko O., Melnyk G., Shcherban Y., Shchutska G. (2022). Determination of tension for aramid and carbon yarns while weaving industrial fabrics. *Vlákna a Textil*, 29(1), 52–62. <https://doi.org/10.15240/tul/008/2022-1-007>
40. Shcherban V. Yu., Kolysko O., Melnyk G., Kolysko M., Halavska L., Shcherban Yu. Yu. (2021). The influence of the curvature radius of the guiding surface on the tension of polyethylene and polyamide complex yarns during processing on weaving and knitting machines. *Vlákna a Textil*, 28(3), 72–81. <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/18576>
41. Jinzhifeng (Tianjin) Automation Technology Co., Ltd. *Jinzhifeng Automation Technology*. <http://www.jzf-tj.com/en/>

42. HeBei QingGong Sewing Machine Co., Ltd. *HeBei QingGong Sewing Machine Co., Ltd.* <https://www.qgfr.com/en/>
43. Маноїленко О. П., Горобець В. А., Дворжак В. М., Писаренко Д. Д., Билик К. А. (2022). Аналітичний огляд та розроблення класифікації механізмів подачі голкових ниток швейних машин ланцюгового стібка. *Технології та інженерінг*, № 4 (9), 35–47. <https://doi.org/10.30857/2786-5371.2022.4.3>
44. Degtyarov A. V., Kokodiy M. G., Maslov V. O., Timanyuk V. O. (2017). *Setting up the experiment and processing the results: A study guide for students of physical specialties of higher educational institutions*. Kharkiv: V. N. Karazin KhNU. http://quant.univer.kharkov.ua/pdf/Metod_5.pdf
45. Sour V. M. (2011). *Organization of scientific research: Study guide*. Sumy: University Book. <https://book.sumy.ua/organizatsiya-naukovih-doslidzenh/>

References

- ISO (1991). *ISO 4916:1991. Textiles – Seam types – Classification and terminology*. Geneva: International Organization for Standardization.
- DSTU ISO 4915:2015 (2016). *Textile materials – Types of seams*. Kyiv: Minekonomrozvytku Ukrainy.
- Manoilenko, O. (2020). Topological analysis and synthesis of machine chain stitches. *Vlákna a textil (Fibres and Textiles)*, 27(4), 58–69. Retrieved from http://vat.ft.tul.cz/2020/4/VaT_2020_4_8.pdf
- Malek, S., Khedher, F., Adolphe, D. C., & Jaouachi, B. (2021). Sewing thread consumption for chain stitches of class 400 using geometrical and multilinear regression models. *AUTEX Research Journal*, 21(1). <https://doi.org/10.2478/aut-2019-0051>
- Rehman, A., Rasheed, A., Javed, Z., Naeem, M. S., Ramzan, B., & Karahan, M. (2021). Geometrical model to determine sewing thread consumption for stitch class 406. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 29(6), 72–76. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0015.2726>
- Abeysooriya, R. P., & Wickramasinghe, G. L. D. (2014). Regression model to predict thread consumption incorporating thread-tension constraint: Study on lock-stitch 301 and chain-stitch 401. *Fashion and Textiles*, 1(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/s40691-014-0014-5>
- Rasheed, A., Sheraz, A., Nauman, A., Rehman, A., & Ramzan, M. B. (2018). Geometrical model to calculate the consumption of sewing thread for 504 over-edge stitch. *Journal of the Textile Institute*, 109(11), 1418–1423. <https://doi.org/10.1080/00405000.2018.1423902>
- Pyshchykov, V. O., & Orlovskiy, B. V. (2007). *Proektuvannia shveinykh mashyn* [Design of sewing machines]. Kyiv: Format. [in Ukrainian]
- Horobets, V. A., & Manoilenko, O. P. (2010). Rozrobka ta doslidzhennia kombinovanykh transportovalnykh mekhanizmiv shveinykh mashyn. Povidomlennia 1. *Visnyk KNUVD*, (1)51, 7–10. [in Ukrainian]
- Korobchenko, Ye. O., Horobets, V. A., & Krykun, Ye. (2024). Pidvyshchennia yakosti protsesu peremishchennia materialu na shveinykh mashynakh. *Tekhnologii ta inzhyniring*, (3)20, 31–46. [in Ukrainian]
- Orlovskiy, B. V., Dvorzhak, V. M., & Radchenko, Ye. S. (2011). Metric synthesis of the inverse slotted-link mechanism of a sewing machine thread take-up lever. Message 1. *Tekhnologii ta dyzain*, (1). [in Ukrainian]
- Orlovskiy, B. V., Dvorzhak, V. M., & Radchenko, Ye. S. (2012). Metric synthesis of the inverse slotted-link mechanism of a sewing machine thread take-up lever. Message 2. *Tekhnologii ta dyzain*, 1(2). [in Ukrainian]
- Hudym, A. H., & Manoilenko, O. P. (2023). Determination of the actual thread feed function in ideal shuttle sewing machines. In: *Proceedings of the VII International Scientific and Practical Conference “Mechatronic Systems: Innovations and Engineering”* (Kyiv, November 23, 2023). Kyiv: KNUVD. P. 83–84. [in Ukrainian]
- Manoilenko, O. P., & Horobets, V. A. (2011). Study of the thread feeding process in blind single-thread chain stitch sewing machines. *Tekhnologii ta dyzain*, (1). Available at: https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/2895/1/td_2011_N1_05.pdf [in Ukrainian]
- Horobets, V. A., & Manoilenko, O. P. (2005). Study of upper thread feeding mechanisms of double-thread and multi-thread chain stitch sewing machines. *Visnyk KNUVD*, (1)21, 5–11. [in Ukrainian]
- Horobets, V. A., & Manoilenko, O. P. (2005). Analysis of the required upper thread feed process in forming class 400 stitches. *Visnyk KHNU. Tekhnichni nauky*, 2(6), 36–41. [in Ukrainian]
- Horobets, V. A., & Manoilenko, O. P. (2005). Comparative analysis of upper thread feeding mechanisms for class 400 stitch sewing machines. *Visnyk KNUVD*, 6(36), 30–34. [in Ukrainian]
- Horobets, V. A., & Manoilenko, O. P. (2007). Thread feed diagrams for class 400 stitch formation considering thread deformation. Message 1. *Visnyk KNUVD*, 2(34), 21–24. [in Ukrainian]
- Horobets, V. A., & Manoilenko, O. P. (2007). Thread feed diagrams for class 400 stitch formation considering thread deformation. Message 2. *Visnyk KNUVD*, 3(35), 16–22. [in Ukrainian]
- Manoilenko, O. P., Horobets, V., Dvorzhak, V., Kovalov, Yu. A., Knsaziev, I., & Shkvyra, V. (2023). Research of variable parameters of needle thread take-up mechanisms and development of recommendations for adjusting multi-thread chain stitch sewing machines. *Vlákna a textil (Fibres and Textiles)*, 30(5), 52–60.
- Manoilenko, O. P., Horobets, V., Dvorzhak, V., Kovalov, Yu. A., Knsaziev, I., & Shkvyra, V. (2023). Research of variable parameters of needle thread take-up mechanisms and development of recommendations for adjusting multi-thread chain stitch sewing machines. *Vlákna a textil (Fibres and Textiles)*, 30(5), 52–60.
- Manoilenko, O., Dvorzhak, V., Horobets, V., & Panasiuk, I. (2024). Assessing the impact of sewing machine thread take-up mechanism parameters on the magnitude and nature of thread take-up. *Engineering Technological Systems*, 6(1)(132), 64–75. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.315129>
- Manoilenko, O. P. (2008). Development of needle thread feeding mechanisms for chain stitch sewing machines. PhD thesis abstract. Kyiv: KNUVD. 24 p. [in Ukrainian]
- Bezuglyi, D. M., Rusnak, Yu. V., & Manoilenko, O. P. (2024). Study of the thread feeding process in single-thread chain stitch formation. In: *Proceedings of the VIII International Scientific and Practical Conference “Mechatronic Systems: Innovations and Engineering”* (Kyiv, November 7, 2024). Kyiv: KNUVD. P. 32–34. [in Ukrainian]
- Fristedt, T. (2012). Novel fiber placement technologies for composite applications. *LayStitch ACCE Conference Proceedings*, 8–14. Retrieved from <https://www.tailoredfiberplacement.com/laystitch-acce-2012.pdf>
- NASA Technical Reports Server. (1997). *Handbook of Analytical Methods for Textile Composites*. NASA Reference Publication 1370. Retrieved from <https://ntrs.nasa.gov/citations/19970017583>
- Orlovskiy, B. V., Manoilenko, O. P., & Bezuhlyi, D. M. (2023). Object-oriented analysis of frame 3D textile structures. *Journal of Engineering Sciences*, 9(1), 1–5. [https://doi.org/10.21272/jes.2023.10\(2\).c4](https://doi.org/10.21272/jes.2023.10(2).c4)

28. McDonnell, C., Hayes, S., & Potluri, P. (2021). Investigation into the tensile properties of ISO-401 double-thread chain-stitched glass-fibre composites. *International Journal of Lightweight Materials and Manufacture*, 4(2), 203–209. <https://doi.org/10.1016/j.ijlmm.2020.11.001>
29. Wang, X., Li, H., Zhang, Y., Guan, Y., Yan, S., & Zhai, J. (2024). Compressive failure characteristics of 3D four-directional braided composites with prefabricated holes. *Materials*, 17, 3821. <https://doi.org/10.3390/ma17153821>
30. Lee, B., Herszberg, I., Bannister, M. K., & Curiskis, J. I. (1997). The effect of weft binder path length on the architecture of multi-layer woven carbon preforms. *Textile Composites and Characterisation*, 5, 260–269. Available at: https://www.iccm-central.org/Proceedings/ICCM11proceedings/papers/ICCM11_V5_27.pdf
31. Wang, P., Legrand, X., & Soulat, D. (2017). Three-dimensional textile preform using advanced textile technologies for composite manufacturing. In: *Textiles for Advanced Applications*, 161–189. <https://doi.org/10.5772/intechopen.68175>
32. Guin, B., & Roy, R. (2021). Development of an automatic thread tension adjusting device for single needle lock stitch machine. In: *Advances in Industrial Machines and Mechanisms: Select Proceedings of IPROMM 2020*. Singapore: Springer. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-16-1769-0_18
33. Şerife, Ş., Şaka, Z., & Özçelik, Z. (2011). Modification of the classical needle bar and thread take-up lever mechanism in sewing machines. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 93(4), 108–111. http://www.fibtex.lodz.pl/doi/AltS.01.2006.009/1/_sid/article759.html
34. Rengasamy, R. S., & Wesley, D. S. (2011). Effect of thread structure on tension peaks during lock stitch sewing. *AUTEX Research Journal*, 11(1), 1–5. <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/aut-2011-110101/html>
35. Şafak, Ş., Şaka, Z., & Özçelik, Z. (2012). Modification of the classical needle bar and thread take-up lever mechanism in sewing machines. *Selçuk University Institutional Repository*. <https://acikerisim.selcuk.edu.tr/items/d59bee62-2153-4703-af9a-3a9bc5d0dfc5>
36. Malkin, Ye. S. (2007). Thread tensioner with adjustable output tension. *Visnyk KNUVD*, 2(34), 31–33. [in Ukrainian]
37. Scherban, V. (2017). Equalizations of dynamics of filament interaction with surface. *Intellectual Archive*, 6(1), 22–26. Toronto: Shiny World Corp. <https://www.intellectualarchive.com/?link=item&id=1782>
38. Shcherban, V. Yu., Ishchenko, V. D., Kolysko, O. Z., Goldberg, M. I., & Shcherban, Yu. Yu. (2022). Computer implementation of Dijkstra's algorithm for determining the thread path based on graph optimization. *Visnyk of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences*, (3)309, 217–220. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2022-309-3-217-220>
39. Shcherban, V., Kolysko, O., Melnyk, G., Shcherban, Y., & Shchutska, G. (2022). Determination of tension for aramid and carbon yarns while weaving industrial fabrics. *Vlákna a Textil (Fibres and Textiles)*, 29(1), 52–62. <http://dx.doi.org/10.15240/tul/008/2022-1-007>
40. Shcherban, V. Yu., Kolysko, O., Melnyk, G., Kolysko, M., Halavska, L., & Shcherban, Yu. Yu. (2021). The influence of the curvature radius of the guiding surface on the tension of polyethylene and polyamide complex yarns during processing on weaving and knitting machines. *Vlákna a Textil (Fibres and Textiles)*, 28(3), 72–81. <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/18576>
41. Jinzhifeng (Tianjin) Automation Technology Co., Ltd. (n.d.). Jinzhifeng Automation Technology. Retrieved February 13, 2025, from <http://www.jzf-tj.com/en/>
42. HeBei QingGong Sewing Machine Co., Ltd. (n.d.). HeBei QingGong Sewing Machine Co., Ltd. Retrieved February 13, 2025, from <https://www.qgfr.com/en/>
43. Manoilenko, O. P., Horobets, V. A., Dvorzhak, V. M., Pysarenko, D. D., & Bilyk, K. A. (2022). Analytical review and classification development of needle thread feeding mechanisms in chain stitch sewing machines. *Tekhnologii ta Inzhenering – Technologies and Engineering*, 4(9), 35–47. <https://doi.org/10.30857/2786-5371.2022.4.3>
44. Degtyarov, A. V., Kokodiy, M. G., Maslov, V. O., & Timanyuk, V. O. (2017). *Setting up the experiment and processing the results: A study guide for students of physical specialties of higher educational institutions*. Kharkiv: V. N. Karazin KhNU. http://quant.univer.kharkov.ua/pdf/Metod_5.pdf
45. Sour, V. M. (2011). *Organization of scientific research: Study guide*. Sumy: University Book. <https://book.sumy.ua/organizatsiya-naukovih-doslidzhen/>