

Є.О. Коробченко, В.А. Горобець

Київський національний університет технологій та дизайну

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ СИЛИ КОРИСНОГО ОПОРУ
ПЕРЕМІЩЕННЯ МАТЕРІАЛІВ НА ШВЕЙНІЙ МАШИНИ**

У статті визначено максимальне значення сили корисного опору, що виникає під час транспортування матеріалів у швейній машині, як вона впливає на якість шва. Її значення є одним з вхідних параметрів для проектування механізмів транспорту. Проведене експериментальне дослідження підтвердило, що сила корисного опору суттєво впливає на якість шва, і її врахування є необхідним для оптимізації процесу шивання. Наукова новизна роботи полягає у дослідженні впливу сили корисного опору як додаткового фактора при переміщенні матеріалів.

Ключові слова: процес переміщення матеріалів, силова взаємодія, якість шва, стабільність довжини стібка, сила корисного опору, транспортувальний орган, притискний пристрій.

E.O. Korobchenko, V.A. Horobets

**EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE USEFUL RESISTANCE FORCE IN
MATERIAL MOVEMENT ON A SEWING MACHINE**

The article identifies the maximum value of useful resistance force that arises during material transport in a sewing machine. This value is a key parameter in designing transport mechanisms. Experimental research confirmed that the useful resistance force significantly impacts the quality of the seam, and its consideration is essential for optimizing the sewing process. The resistance force is caused by various factors that are difficult to determine analytically, including the mass of material before the sewing zone, friction between the material and the worktable surface, as well as the human factor. Additionally, certain technological operations require extra tension of the material layers in the feed zone. Information on the quantitative values of resistance force and their impact on seam quality is absent in the literature. The aim of the study is to determine the effect of resistance force on seam quality. The results showed that with resistance force values up to 5 N and certain levels of presser foot pressure, seam quality remains stable, with stitch length variation not exceeding 10%. This value can be adopted when determining parameters for new fabric transport devices.

Keywords: material transport process, force interaction, seam quality, stitch length stability, useful resistance force, transport mechanism, presser device.

Вступ. У багатьох літературних джерелах [1-3] розглядається силова взаємодія елементів процесу переміщення матеріалів однорейковим механізмом транспорту.

При розгляді процесів транспортування матеріалів стандартним однорейковим рушієм враховують, як правило наступні сили (Рис.1а)

1. Силу притиску притискної лапки до матеріалів F_{np} :

$$F_{np} = k_1 y,$$

де k_1 - жорсткість пружини притискного пристрою; y - вертикальне переміщення лапки.

Максимальна величина y залежить від товщини матеріалів, величини виходу зубців транспортувальної рейки над поверхнею голкової пластини та динамічних показників механізму транспорту.

2. Сили тертя між подошвою притискної лапки і матеріалом F_{mp1} , між матеріалом та поверхнею голкової пластини F_{mp2} , а також між шарами матеріалу F_{mp3} .

$$F_{mp1} = (F_{np} + P_{np,np}) f_1,$$

де $P_{np,np}$ - вага притискного пристрою (лапки зі стержнем і поводком); f_1 - коефіцієнт тертя між подошвою притискної лапки та матеріалами.

$$F_{mp2} = (F_{np} + P_{np,np} + P_m) f_2,$$

P_m - вага ділянки матеріалу, що контактує з поверхнею голкової пластини в зоні транспортування; f_2 - коефіцієнт тертя між матеріалом і поверхнею голкової пластини

$$F_{mp3} = (F_{np} + P_{np,np} + P_{в.м}) f_3,$$

де $P_{в.м}$ - вага верхнього шару матеріалу в зоні шиття; f_3 - коефіцієнт тертя між шарами матеріалу.

Слід зазначити, що в даному способі переміщення матеріалів співвідношення сил тертя має вирішальне значення для зменшення посадки матеріалів під час переміщення, оскільки повністю усунути посадку матеріалу при цьому способі неможливо [1].

3. Силу переміщення матеріалу F_{nep}

$$F_{nep} = (F_{np} + P_{np,np} + F_m) f_4$$

де f_4 - коефіцієнт зчеплення зубців рейки з матеріалом.

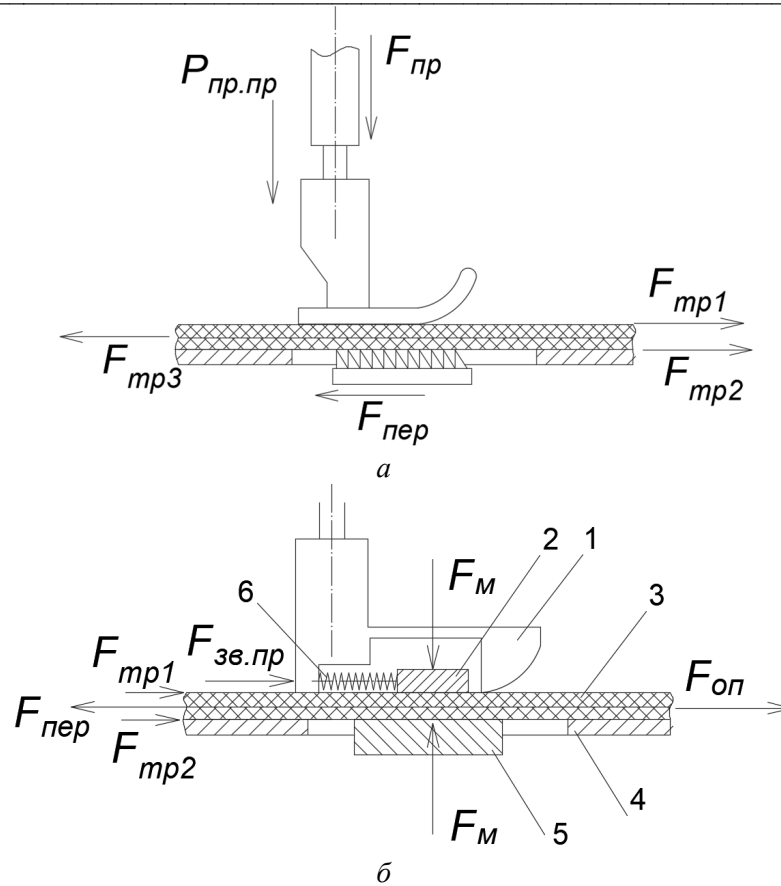


Рис. 1. Графічні моделі силової взаємодії елементів процесу транспортування матеріалів: а) в відомих механізмах швейної машини; б) в новому механізмі

Авторами були запропоновані нові спосіб і пристрій переміщення матеріалів в швейній машині [4], в яких реалізована інша суть процесу - за рахунок сили магнітного поля, що дозволяє повністю усунути посадку матеріалів.

Виконаний аналіз силової взаємодії елементів нового процесу (Рис. 1б) показав:

1. Сили тертя $F_{тр1} = P_{пр.пр} f_1$ та $F_{тр2} = (P_{пр.пр} + P_m) f_2$ - суттєво менші вказаних сил в попередньому випадку, в зв'язку з відсутністю притискної пружини.

2. Виникає сила зворотньої пружини, що діє на неодимовий магніт

$$F_{зв.пр} = k_2 x$$

де k_2 - жорсткість зворотньої пружини; x - переміщення неодимового магніту ($x_{max} = l$, де l - довжина стібка)

При цьому, слід відмітити що сила $F_{зв.пр}$ як мінімум на порядок менша сили притискної пружини в зв'язку з незначною масою неодимового магніту і практично відсутністю його контакту з матеріалом при холостому ході

4. Сила переміщення діє однаково на верхній і нижній шари матеріалу оскільки ділянка матеріалу, що транспортується, затиснута силою між магнітом і феромагнітною поверхнею транспортувального органу:

$$F_{пер} = F_m f_4$$

де F_m - сила відриву неодимового магніту від феромагнітної поверхні транспортувального органу за умови, що їх розділяють шари матеріалів, які транспортуються; f_4 - коефіцієнт тертя або зчеплення між поверхнею транспортувального органу та матеріалом.

5. Зникає необхідність враховувати силу тертя $F_{тр3}$ між шарами матеріалу оскільки вони при транспортуванні стиснуті силою магніта F_m що дозволяє створити для них однакові умови транспортування і повністю усунути їх посадку.

6. В зв'язку з вищесказаним виникає необхідність визначення впливу на якість транспортування сили корисного опору $F_{оп}$, яка при описі силової взаємодії елементів процесу транспортування відомими механізмами не розглядалась.

Дана сила спричинена рядом факторів, які важко визначити аналітично, таких як: маса матеріалу перед зоною шиття, тертя матеріалу по поверхні робочого стола швейної машини, вплив оператора швейної машини пов'язаний з виконанням технологічних операцій тощо.

В той же час в літературних джерелах є тільки констатація факту її існування, але відсутні будь-які відомості про її кількісні значення, які можуть призвести до погіршення якості шва. Так зокрема в роботі [5] при дослідженні впливу сил тертя на довжину стібка зазначається що в процесі шиття спостерігається людський фактор: швейний виріб може бути розтягнутий, зупинений і т.п. швачкою, але оцінка впливу даного фактору на стабільність шиття не розглядалась.

Також слід відмітити, що деякі технологічні операції при пошитті швейних виробів можуть передбачати додатковий натяг одного або декількох шарів матеріалу в зоні подачі матеріалу.

Мета роботи. Визначити вплив сили корисного опору на якість шва та максимальне її значення яке не призводить до його погіршення, шляхом проведення фізичного експерименту.

Методи дослідження. Застосовані відомі методи проведення та обробки багатфакторних експериментів [6].

Результати. Шляхом проведення експериментального дослідження було визначено максимальне значення сили корисного опору, що виникає при направленні матеріалів у зону транспортування швейної машини, яка незначно впливає на якість шва. Також було проаналізовано вплив інших якісних та кількісних факторів.

Наукова новизна. Наукова новизна проведеного дослідження полягає в розкритті впливу на процес переміщення матеріалів при їх зшиванні окрім сил тертя матеріалів по поверхнях притискної лапки та голкової пластини, ще й сили корисного опору, яка раніше не досліджувалася.

Результати дослідження. Експеримент проводився на промисловій швейній машині човникового стібка Turical GC6150MD [7]

Досліджувались наступні фактори.

1. Якісні:

- модель зубчастої рейки;
- модель притискної лапки;
- тип тканини.

2. Кількісні:

- швидкість обертання головного валу, (об/хв);
- теоретичний крок стібка l (мм);
- сила притиску притискної лапки $P = F_{np} + P_{np,np}$, Н;
- сила корисного опору F_{on} , Н.

Значення кількісних факторів встановлювалось засобами технологічного регулювання машини.

В ході експерименту проводилось визначення максимального значення сили опору F_{on} яке не призводить до суттєвого погіршення якості шва. За критерій оцінки якості шва був прийнятий один із стандартних експлуатаційних показників випробування швейних машин, а саме стабільність довжини стібка.

Відгук експерименту (величина відносної зміни довжини стібка), визначався за формулою

$$\varepsilon = l_p / l_0 * 100\%$$

де l_p - довжина стібка отриманого в результаті дослідження та визначена за формулою

$$l_p = L / N,$$

де L – довжина вибраної ділянки шва, отриманого в досліді; N – кількість стібків в межах довжини L ; l_0 – паспортна довжина стібка.

Значення сили корисного опору змінювали шляхом підвішування до вільного кінця матеріалів тягарців різної ваги в межах 2-20 Н з кроком приблизно 2 Н. Вимірювання її значень здійснювалось динамометром ДПУ-0,01-2 в місці знаходження притискної лапки. Під час вимірювання імітувався контакт матеріалів з руками оператора, тотожний аналогічному контакту в процесі шиття. Силу притиску лапки змінювали в межах 24-34 Н, що відповідає її робочому значенню при експлуатації машини. Вимірювання зусилля притиску також здійснювалось динамометром ДПУ-0,01-2.

Для визначення впливу зазначених факторів на довжину стібка був проведений відсіюючий експеримент. Фактори, що досліджувались та рівні їх зміни наведені в табл.1. План експерименту на отримані відгуки наведений в табл.2.

Обробка результатів експерименту показала, що всі вказані фактори є значимими, отже впливають на зміну довжини стібка. При цьому значення таких факторів як сила притиску лапки P та сила опору F_{on} не тільки є значущими, але їх вплив є найбільшим серед наведених факторів.

Табл. 1

Рівні факторів, що досліджувались в відсіюючому експерименті

| фактор | | -1 | +1 |
|---|----|---|---|
| сила притиску лапки, P (Н) | X1 | 12,7 | 41,1 |
| Тип тканини | X2 | атлас платяний, 100%ПЄ, Щільність 155 г/м.кв | Саржа, 100%БВ, Щільність 250 г/м.кв |
| Рейка | X3 | зубчаста рейка для легких танин | зубчаста рейка для середніх танин |
| Лапка | X4 | лапка для промислової швейної машини | лапка для промислової швейної машини зі збільшеною шорсткістю пверхні |
| Сила опору, F (Н) | X5 | 1,9 | 3,9 |
| Швидкість обертання головного валу, n (об/хв) | X6 | 1000 | 3000 |
| теоретичний крок стібка l (мм) | X7 | 3 | 5 |

Табл.2

План відсіюючого експерименту та отримані відгуки

| | X1 | X2 | X3 | X4 | X5 | X6 | X7 | Y(сеп) | Дисперсі |
|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|----------|
| 1 | + | + | - | - | + | - | + | 9,2229 | 1,47039 |
| 2 | - | + | - | + | - | - | + | 51,896 | 3,94292 |
| 3 | + | - | - | - | - | + | - | 13,144 | 1,52982 |
| 4 | + | + | + | + | - | - | - | 3,2028 | 1,22108 |
| 5 | - | - | + | + | - | - | - | 19,16 | 1,79815 |
| 6 | - | - | - | + | + | + | + | 100 | 1 |
| 7 | + | - | + | - | - | - | + | 6,3669 | 1,16509 |
| 8 | - | - | - | - | - | + | - | 52,686 | 1,55498 |
| 9 | + | + | - | + | - | + | + | 8,2294 | 1,14023 |
| 10 | + | - | - | + | - | + | + | 14,127 | 1,34651 |
| 11 | - | + | + | - | + | - | - | 50,638 | 2,25147 |
| 12 | - | + | - | - | + | - | - | 100 | 1 |
| 13 | - | + | + | + | + | - | + | 86,898 | 3,94292 |
| 14 | - | - | + | - | + | + | + | 94,946 | 1,31531 |
| 15 | + | - | + | + | + | + | - | 13,386 | 1,88499 |
| 16 | + | + | + | - | + | + | - | 6,8752 | 1,55774 |

Виходячи з наведеного, було проведено повнофакторний експеримент з врахуванням цих факторів (табл. 3 та 4).

Табл. 3

Кількісні фактори експерименту

| Кількісні фактори | Значення фактора | | |
|------------------------------|------------------|-------------|-------------|
| Сила притиску лапки, P (Н) | 14,7 | 24,5 | 34,3 |
| Робоча сила опору, F (Н) | 0 ... 5,49 | 0 ... 10,78 | 0 ... 16,89 |

Отримані результати представлено в таблицях 5 - 7 та на графіку (рис. 2). Отримані залежності з достатньою для практичної точністю можна виразити поліномами 4-го степеня (табл. 8)

Табл. 4

Якісні фактори експерименту

| Кількісні фактори | Значення фактора | |
|--|---|--|
| Тип тканини | Саржа сувора, 100%БВ, Щільність 160 г/м.кв | Бязь сувора, 100%БВ, Щільність 120 г/м.кв |
| Рейка | зубчаста рейка для середніх тканин | |
| Прижимна лапка | лапка для промислової швейної машини | |
| Швидкість обертання головного валу, (об/хв) | 1000 | |
| теоретичний крок стібка (мм) | 5 | |

Табл. 5

Результати експерименту при силі притиску лапки, P =14,7 Н

| Сила опору, F (Н) | | 0 | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 3,0 | 4,0 | 5,5 |
|-------------------|-------|---|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| | | довжина кроку стібка / відносна зміна кроку стібка ϵ , % | | | | | | | |
| тип тканини | Бязь | 4,67 | 4,63 | 4,60 | 4,55 | 4,43 | 4,19 | 3,75 | 0 |
| | | 0,00 | 0,78 | 1,34 | 2,46 | 5,10 | 10,20 | 19,68 | 100,0 |
| | Саржа | 4,66 | 4,64 | 4,61 | 4,54 | 4,46 | 4,35 | 3,85 | 0 |
| | | 0,00 | 0,36 | 1,05 | 2,55 | 4,27 | 6,64 | 17,46 | 100,0 |

Табл. 6

Результати експерименту при силі притиску лапки, P =24,5 Н

| Сила опору, F (Н) | | 0 | 1,0 | 2,0 | 3,0 | 4,0 | 5,0 | 7,0 | 9,0 | 10,0 | 11,0 |
|-------------------|-------|---|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| | | довжина кроку стібка / відносна зміна кроку стібка ϵ , % | | | | | | | | | |
| тип тканини | Бязь | 4,65 | 4,60 | 4,51 | 4,38 | 4,35 | 4,20 | 3,78 | 3,07 | 1,98 | 0 |
| | | 0 | 1,03 | 2,95 | 5,85 | 6,50 | 9,77 | 18,67 | 34,08 | 57,47 | 100,0 |
| | Саржа | 4,61 | 4,58 | 4,57 | 4,48 | 4,45 | 4,28 | 4,02 | 3,44 | 2,47 | 0 |
| | | 0 | 0,71 | 0,97 | 2,94 | 3,47 | 7,23 | 12,85 | 25,37 | 46,53 | 100,0 |

Табл. 7

Результати експерименту при силі притиску лапки, P =34,3 Н

| Сила опору, F (Н) | | 0 | 1,0 | 4,0 | 6,0 | 10,0 | 12,5 | 15,5 | 17,0 |
|-------------------|-------|---|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| | | довжина кроку стібка, мм / відносна зміна кроку стібка ϵ , % | | | | | | | |
| тип тканини | Бязь | 4,63 | 4,60 | 4,46 | 4,31 | 3,99 | 3,30 | 2,00 | 0 |
| | | 0,00 | 0,63 | 3,61 | 6,90 | 13,81 | 28,65 | 56,76 | 100,0 |
| | Саржа | 4,61 | 4,60 | 4,52 | 4,42 | 4,17 | 3,59 | 2,35 | 0 |
| | | 0,00 | 0,30 | 2,10 | 4,08 | 9,63 | 22,08 | 49,05 | 100,0 |

Залежність відносної зміни довжини стібка від сили опору при даних силах притиску лапки

| Сила притиску лапки, Н | Тип тканини | |
|------------------------|--|--|
| | Бязь | Саржа |
| 14,7 | $\varepsilon = 0,4755 F_{on}^4 - 3,4023 F_{on}^3 + 8,5091 F_{on}^2 - 4,6927 F_{on} + 0,4461$ | $\varepsilon = 0,4408 F_{on}^4 - 2,8752 F_{on}^3 + 6,2989 F_{on}^2 - 2,6339 F_{on} + 0,1108$ |
| 24,5 | $\varepsilon = 0,0421 F_{on}^4 - 0,6568 F_{on}^3 + 3,3735 F_{on}^2 - 3,6843 F_{on} + 0,8133$ | $\varepsilon = 0,0108 F_{on}^4 - 0,2267 F_{on}^3 + 4,6173 F_{on}^2 - 4,847 F_{on} + 0,2617$ |
| 34,3 | $\varepsilon = 0,0589 F_{on}^3 + 0,9525 F_{on}^2 - 4,9492 F_{on} + 2,5674$ | $\varepsilon = 0,0694 F_{on}^3 + 1,1697 F_{on}^2 - 5,5181 F_{on} + 2,9973$ |

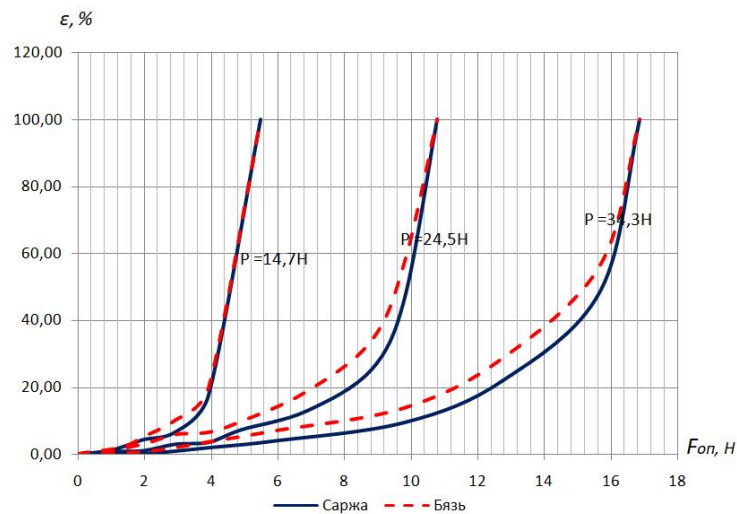


Рис. 2 Графіки залежності відносної зміни довжини стібка від сили опору та сили притиску лапки

Висновки. 1. Результати проведеного експерименту показали, що, при певних значеннях сили опору, вона суттєво впливає на якість шва.

2. Встановлено, що значення сили опору до 5 Н при різних значеннях зусилля притиску лапку несуттєво (до 10%) впливають на зміну довжини стібка. В зв'язку з цим ця максимальна величина сили опору може бути прийнята при визначенні параметрів нового пристрою транспортування для такого типу тканин.

Список використаних джерел

1. Щербань Ю.Ю. Наукові засади проектування швейних машин з регульованою пасадкою матеріалу: дис. д-ра. техн. наук: 05.05.10. Київ, 2000. 411 с.
2. Селівончик І.С. Розробка транспортуючих органів швейних машин: дис. канд. техн. наук: 05.02.13. Київ, 1994. 173 с.
3. Орловський Б.В, Абрінова Н.С. Технологічне обладнання галузі (швейне виробництво): навчальний посібник. Київ: КНУТД. 2013, 285 с.
4. Коробченко Є. О., Горобець В. А. Розроблення нового способу переміщення матеріалів на швейній машині. Синергія науки і бізнесу у повоєнному відновленні регіонів України: Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції (24–26 квітня 2024 року). Одеса, 2024, С 184-188
5. Jucienė M., Vobolis. J. Dependence of stitch length along the seam on external friction force theoretical analysis. Materials Science. 2009 Vol.15, №3, pp. 273–276
6. Павленко П. М., Філоненко С. Ф., Чередніков О. М., Трейтяк В. В. М34 Математичне моделювання систем і процесів: навч. посіб. Київ: НАУ, 2017. 392 с.
7. Typical. URL.: <https://overlock.com.ua/ua/typical-gc6150-md-odnoigolnaya-mashina-s-nizhnim-prodvizheniem-i-vstroennym-privodom/> (дата звернення: 05.05.2025)