

**Галочка Є.В., Наливайко О.Г., Поляруш І.О., Яценко Ю.А., магістри;
наукові керівники: Кошель Г.В., Кошель С.О.**

Київський національний університет технологій та дизайну

АНАЛІЗ ТА РОЗРОБКА СТРУКТУРИ ПРОСТОРОВОГО МЕХАНІЗМУ

Анотація. Розглянуто особливості структури просторових механізмів, що використовуються в швейних машинах-напівавтоматах для виконання закріпок та пришивання фурнітури. Проведено структурний аналіз механізмів, що мають рухомість ведучих ланок завдяки наявності гарантованих технологічних зазорів в кінематичних парах. Розроблена та візуалізована в програмі SolidWorks 3-D модель механізму підтверджує обмеженість руху поперечного переміщення робочого органу та показує неможливість використовувати механізм такої структури для здійснення функціональних переміщень ведених ланок в діапазоні регулювань, що обумовлені розширенням технологічних можливостей обладнання. Розроблена конструкція механізму нової структури, що дозволяє розширити технологічні можливості зі збереженням необхідної точності виконання елементів кінематичних пар.

Ключові слова: просторовий механізм; швейна машина-напівавтомат; механізм фурнітуротримача; механізм голки.

Galochka E.V., Nalyvayko O.G., Polyarush I.O., Yatsenko Y.A.;
scientific supervisors: Koshel G.V., Koshel S.O.

Kyiv National University of Technologies and Design

ANALYSIS AND DEVELOPMENT STRUCTURE OF THE SPATIAL MECHANISM

Abstract. The features of the structure of the spatial mechanism used in sewing semi-automatic machines for performing tacks and sewing accessories. We spented structural analysis of the mechanisms that have mobility thanks to the guaranteed technological clearances in kinematic pairs. Developed and visualized in the program SolidWorks 3-D model of the mechanism confirms the limited movement of the transverse movement of the working body and shows the impossibility of using the mechanisms of such a structure to perform functional movements of the driven links in the range of adjustments due to expanding technological capabilities. The design of the mechanism of a new structure is developed that allows to expand technological possibilities with preservation of necessary accuracy of execution of elements of kinematic pairs.

Keywords: spatial mechanism; sewing semi-automatic machines; holder accessories mechanism; mechanism needle.

Вступ. Одним з основних компонентів будь-якої мехатронної системи є механічний пристрій, призначений для перетворення рухів ланок в необхідний рух робочого органу. В основному, механічний пристрій являє собою важільний механізм, що дозволяє забезпечити універсальність і мобільність пристрою вибирати різну траєкторію руху та можливу орієнтацію робочого органу в просторі і закони руху в часі. Для пришивання фурнітури та виконання закріпки у всіх машинах-напівавтоматах застосовуються просторові механізми голки або фурнітуротримача. Просторові механізми відносять до складних механізмів, застосування яких в швейних машинах обумовлено потребою передачі руху від ведучої до ведених ланок, площини руху яких перетинаються у просторі. При пришиванні фурнітури або виконанні закріпки таким чином забезпечується вертикальний зворотно-поступальний рух голки в площині, а у разі поєднання його з поперечним переміщенням вертикальна складова є складовою її просторової траєкторії. В результаті вказаних взаємно-перпендикулярних переміщень голки та матеріалу, сполучення та комбінації напрямку, величини та послідовності

переміщень отримується необхідний (заданий) порядок розташування стібків, які утворюють замкнуті та незамкнуті геометричні фігури строчок (трикутники, прямокутники, ромби, І-подібні, П- подібні, хрестоподібні і таке інше) з різним числом човникових або ланцюгових стібків [1, 2]. Величина взаємних перпендикулярних переміщень голки й фурнігуротримача залежить від розмірів фурнітури, асортиментна група якої дуже різноманітна, при цьому треба ураховувати той факт, що цей асортимент постійно збільшується, змінюється та оновлюється [3–10]. При проектуванні механізму необхідно забезпечити необхідний рух робочого органу машини за заданою траєкторією з одночасним точним позиціонуванням.

Постановка завдання. Метою роботи є аналіз структури просторових механізмів поперечного переміщення робочого органу існуючих швейних напівавтоматів для удосконалення їх конструкції шляхом зміни структури.

Результати досліджень. Просторові механізми відносять до складних механізмів, застосування яких в швейних машинах обумовлено потребою передачі руху від ведучої до ведених ланок, площини руху яких перетинаються у просторі.

Аналіз структури сучасних машин-напівавтоматів для пришивання фурнітури та виконання закріпки відомих світових фірм виробників [3–10] дає можливість стверджувати про застосування просторових механізмів поперечного переміщення робочих органів машини, за характером руху робочих органів яких виділяють механізми поперечного переміщення голки або матеріалу (фурнігуротримача). Рух яким може бути забезпечений кулачковим механізмом або індивідуальним серводвигуном керування, яким надається комп'ютерними системами “computer – controlled High Speed”.

З аналізу структури відомих просторових механізмів голки та фурнігуротримача [11] (рис. 1, рис. 2), бачимо, що кількість ланок та кінематичних пар у цих модифікаціях однакова, тому ступінь вільності таких механізмів може бути розрахована за формулою Сомова-Малишева [12]:

$$W = 6n - 5p_5 - 4p_4 - 3p_3 - 2p_2 - p_1 = 6 \cdot 3 - 5 \cdot 2 - 4 \cdot 2 = 0, \quad (1)$$

де $n = 3$ – кількість рухомих ланок просторового механізму;

$p_5 = 2$ – кількість кінематичних пар 5 класу;

$p_4 = 2$ – кількість кінематичних пар 4 класу.

Теоретично, механізм у якого ступінь вільності дорівнює нулю ($W = 0$) не є механізмом в звичайному розумінні цього терміну і може бути працездатним лише за рахунок геометрії кінематичних пар або деформації ланок. Для здійснення функціональних переміщень ведених ланок необхідна додаткова рухомість, яка забезпечується зазором, що відрізняється від номінального, тобто такого, який є більшим за зазор технологічний з точки зору технології машинобудування. Працездатність таких механізмів, за умови малих величин відносного переміщення ланок та достатньої величини зазору у кінематичній парі, що утворена цими ланками, все ж можлива. При умові виконання елементів кінематичних пар з точністю, що забезпечує отримання номінальної величини зазору його стає недостатньо для того, щоб забезпечити відносний рух ланок у такій кінематичній парі на необхідну величину, що стає причиною непрацездатності механізму в цілому [11].

Робота механізму за рахунок зазорів у кінематичних парах суттєво відрізняється від «нормальної» роботи механізму, тому що така робота чотириланкова можлива лише в межах цього зазору. При ступені вільності механізму $W = 0$, тобто коли механізм є фермою і теоретично не здатен виконувати свої функції, гарантований зазор слугує «додатковим ступенем рухомості», що дозволяє кулісному каменю здійснювати

незначний за величиною та тільки в межах цього зазору рух. Після того, як відносне переміщення ланок вичерпує величину зазору у циліндричних кінематичних парах «додаткова ступінь рухомості» механізму зникає – він перетворюється у нерухому ферму.

Для візуалізації роботи просторового механізму, ступінь вільності якого $W=0$ в програмі SolidWorks 3-D побудована модель просторового механізму голки швейного напівавтомату для пришивання фурнітури (рис. 1).

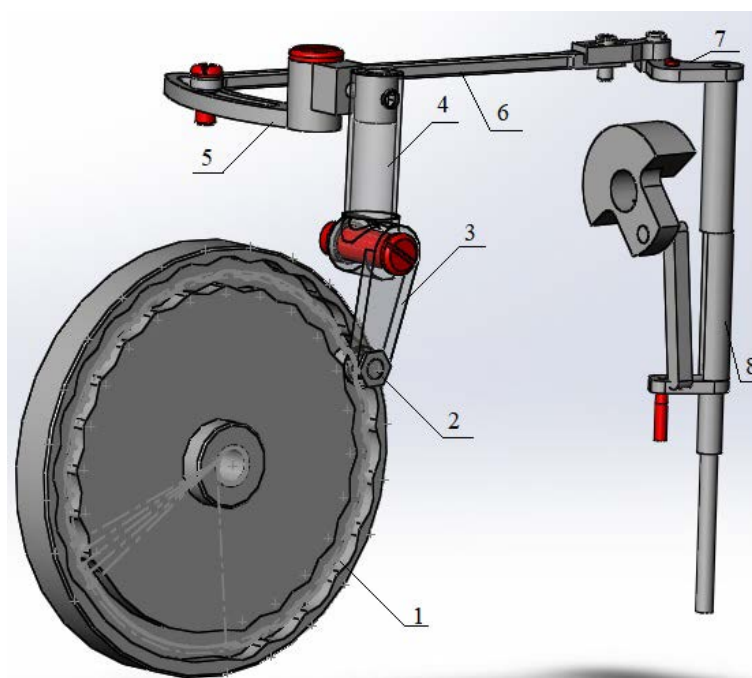


Рис. 1. 3-D модель механізму поперечного переміщення робочого органу (голки) швейного напівавтомату

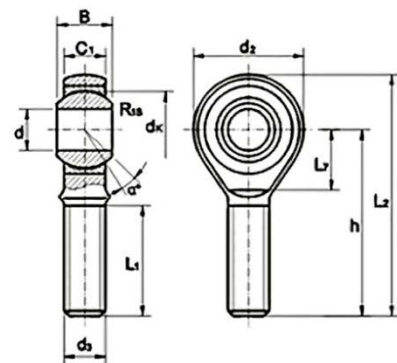
З наведеної схеми бачимо, що рамка голководи виконана у вигляді коромисла. Вертикальні переміщення голки отримує від кривошипно-повзунного механізму, а переміщення поперек платформи одержує від кулачка 1, який кінематично з'єднаний з кулісою 3, що може робити коливальний рух у вертикальній площині. Куліса 3 встановлена з можливістю виконувати коливання у горизонтальній площині. Рух з вертикальної площини до горизонтальної передається за допомогою циліндричного каменя 4, який своєю зовнішньою циліндричною поверхнею та внутрішньою циліндричною поверхнею отвору, який виконано в камені перпендикулярно до осі циліндричного каменя 4, утворює із кожною з куліс 3 та 5 циліндричні кінематичні пари, осі яких розташовані уздовж напрямних, перпендикулярно відповідним осям їх коливання. Рух від куліси 5 передається за допомогою шатуна 6 та двоплечого коромисла 7 рамки голководи 8, що встановлений у верхній і нижній опарах на центрах і має можливість відхилитися поперек строчки.

Аналіз наведеної структури механізму надає можливість визначити обмеженість руху поперечного переміщення робочого органу механізму. Наочно продемонстрована неможливість використовувати просторові механізми такої структури в діапазоні регулювань, що обумовлені розширенням технологічних можливостей обладнання зі збереженням необхідної точності виконання елементів кінематичних пар.

Враховуючи виявлені недоліки механізму та неможливість розширити діапазон регулювання пропонується просторову його частину, що складається з куліс, які утворюють з проміжною ланкою – циліндричним повзуном обертально-поступальні

кінематичні пари замінити на шатун с сферичними елементами. Сферичні кінематичні пари забезпечують зіткнення ланок по просторовим сферичним поверхням, тому передачу руху між ланками геометричні вісі яких розташовані у взаємно перпендикулярних площинах буде забезпечено таким технічним рішенням. Суцільний шатун з сферичними елементами кінематичних пар є складною деталлю з точки зору технології її виготовлення. В нашому варіанті розробки пропонується виконати шатун у вигляді складальної одиниці, яка містить три елементи, а саме: різбову муфту, що з'єднує дві однакові за конструкцією шарнірні головки з зовнішньою різьбою.

Сферичні елементи на кінцях шатуна це шарнірні головки з зовнішньою різьбою, які виготовляються серійно (каталогова стандартна деталь DIN ISO 12240-4 [13]) (рис. 2) не потребують складної технології виготовлення, легко замінюється новими у разі необхідності.



Part #	Dimensions mm											Load ratings kN		Weight kg	
	d	d ₃ eg	B	C ₁	L ₁ mn.	d ₂	L ₇ min.	h	L ₂	d _k	R _{1s}	a	dyn. c		stat. c0
SA5T/K	5	M5x0.8	8	6	19	18		33	42	11.11	0.3	13	5.7	6	0.013

Рис. 2. 3-D модель, креслення та основні геометричні параметри шарнірної головки з зовнішньою різьбою

Всі деталі та вузли швейного напівавтомату для пришивання фурнітури після удосконалення є стандартними або уніфікованими, що дає можливість зменшити обсяг конструкторських робіт і період проектування, скоротити терміни створення нового або удосконалення існуючого обладнання.

В наш час широко застосовуються технології 3-D друку, тому аналогічні шарнірні головки з зовнішньою різьбою можуть бути видрукувані на 3-D принтері з сучасних композитних матеріалів.

За рахунок їх конструктивних особливостей вони можуть працювати з мінімальним змащенням та на швидкості більшій ніж 1800 об/хв, що дає нам можливість збільшити швидкість роботи машини.

При застосуванні чотириланковика нової конструкції, рух передається від головного валу машини через черв'ячну передачу до копірного диска, у зовнішній паз копірного диска входить ролик, що відхиляє коромисло 1 (рис. 3). Верхня частина цього коромисла закінчується рамкою, у який входить камінь. Далі рух передається шатуном 3 з сферичними елементами на кінцях, який утворює кінематичну пару з одного кінця до камінь, а іншого боку з коромислом з рамкою 6. У пазу рамки шарнірно закріплена гвинтом і гайкою головка шатуна рамки голковода. Рамка

голководо встановлена на двох центрах, розміщених у головці машини. Голковод переміщається у втулці рамки голководо. Таким чином, голка одержує переміщення поперек строчки. Вертикальні переміщення голка отримує від кривошипно-повзунного механізму, аналогічно базовому варіанту.

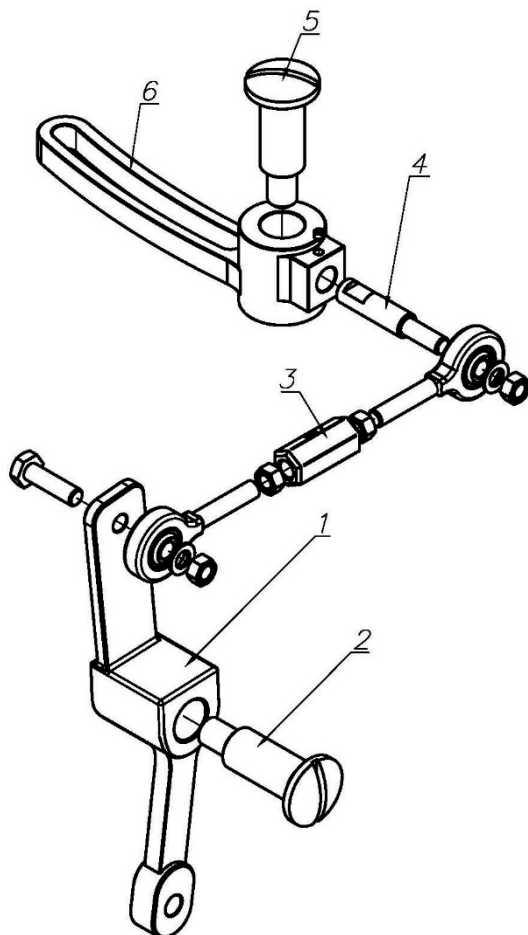


Рис. 3. Схема механізму поперечного переміщення робочого органу (голки) швейного напівавтомату

Запропонований варіант чотириланковика забезпечує роботу механізму голки швейного напівавтомату у широкому діапазоні переміщення робочого органу, є працездатними незалежно від величин зазорів у кінематичних парах, а його робота може бути обмежена тільки технологічними умовами взаємодії голки та човника, що забезпечують виконання строчки. При отриманні зигзаг-строчок способом поперечного переміщення голки максимальна ширина строчки визначається часом утворення та збереження петлі-напуску такого розміру і форми, що придатна для захвату її носиком човника [11]. Виходячи з умови утворення вже придатної (мінімальної) для захвату човником петлі – напуску та збереження петлі – напуску, яка ще придатна (максимальна) для захвату, можливо забезпечити утворення зигзаг – строчки більшого розміру шляхом узгодження роботи механізмів голки та човника з використанням методики визначення максимальної величини зигзага.

Висновки. Проведений аналіз механізму поперечного переміщення робочого органу швейних машин-напівавтоматів та структури просторового чотириланковика, що надходять до складу та передає рух з вертикальної до горизонтальної площини свідчить про обмеженість функціональної можливості просторового механізму голки швейного напівавтомату. Визначено, що роботоздатність таких механізмів залежить від

наявності в кінематичних парах гарантованого зазору, величина якого перевищує технологічно необхідну. Візуалізація моделі механізму в програмі SolidWorks 3-D підтвердила обмеженість руху поперечного переміщення робочого органу та довела неможливість використовувати механізми такої структури для здійснення функціональних переміщень ведених ланок в діапазоні регулювань, що обумовлені розширенням технологічних можливостей обладнання. Конструкція механізму нової структури з шатуном у вигляді складальної одиниці дозволяє розширити технологічні можливості зі збереженням необхідної точності виконання елементів кінематичних пар та забезпечити вимоги ремонтпридатності.

Список використаної літератури

1. Амирова Э. К. Технология швейного производства: учеб. пособие / Э. К. Амирова, А. Н. Труханова, О. В. Сакулина, Б. С. Сакулин. – 2-е изд., стер. – М.: Академия, 2006. – 480 с.
2. Зак И. С. Справочник по швейному оборудованию / И. С. Зак, И. К. Горохов, Е. И. Воронин. – М.: Легкая индустрия, 1981. – 272 с.
3. Интернет сайт фірми "PFAFF-INDUSTRIAL" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.pfaff-industrial.de/de>.
4. Интернет сайт фірми Juki [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.juki.com>.
5. Интернет сайт фірми Siruba [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.siruba.com>.
6. Интернет сайт фірми "BROTHER" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.brother.com>.
7. Интернет сайт фірми "JANOME" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.janome.ru>.
8. Интернет сайт фірми "MINERVA" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.minerva.in.ua>.
9. Интернет сайт фірми "PFAFF" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.pfaff.com/ru>.
10. Интернет сайт фірми "SINGER" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.singer.com>.
11. Пищиков В. О. Проективання швейних машин / В. О. Пищиков, Б. В. Орловський. – Київ: Видавничо-поліграфічний дім "Формат", 2007. – 320 с.
12. Артоболевский И. И. Теория механизмов и машин / И. И. Артоболевский. – М.: Наука, 1975. – 638 с.
13. Интернет сайт фірми "Mbo" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.mbo-osswald.de>.