

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
ДИЗАЙНУ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАТРОНІКИ ТА КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ МЕХАНІКИ ТА МАШИН

ДИПЛОМНА БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА (ПРОЄКТ)

на тему

Просторовий механізм на базі механізму петельників швейної машини 51 класу

Виконав студент групи БПМ-17
спеціальності прикладна механіка
Ляшок Олексій Віталійович

Науковий керівник
к.т.н., доцент, Дворжак В. М.

Рецензент
к.т.н., доцент, Плешко С. А.

Київ – 2021 рік

Анотація

Ляшок О. В. Просторовий механізм на базі механізму петельників швейної машини 51 класу. – Рукопис. Бакалаврський дипломний проєкт для здобуття ступеня бакалавра за спеціальністю 131 Прикладна механіка освітньої програми «Прикладна механіка», Київський національний університет технологій та дизайну, Київ, 2021.

Робота присвячена аналізу механізму петельників швейної машини 51 класу. Поставлені задачі аналізу механізму полягали в дослідженні призначення та галузі використання швейної машини 51 класу; дослідженні конструкції механізмів швейної машини 51 класу; огляді методів аналізу важільних механізмів; кінематичному дослідженні механізму петельників швейної машини 51 класу та комп'ютерному моделюванні механізму петельників швейної машини 51 класу.

Ключові слова: швейна машина, красобметувальна машина, механізм петельників, механічна технологія утворення стібків, кінематичний аналіз механізму, комп'ютерне моделювання механізму.

ANNOTATION

Lyashok O. V. Spatial mechanism based on the mechanism of loops of a sewing machine 51st class. - Manuscript. Bachelor's degree project for a bachelor's degree in 131 Applied Mechanics of the educational program "Applied Mechanics", Kyiv National University of Technology and Design, Kyiv, 2021.

The work is devoted to the analysis of the mechanism of loops of the sewing machine of the 51st class. The tasks of the analysis of the mechanism were to study the purpose and field of use of the sewing machine 51st class; research of a design of mechanisms of the sewing machine of 51st class; review of methods of analysis of lever mechanisms; kinematic study of the mechanism of loops of the sewing machine 51st class and computer modeling of the mechanism of loops of the sewing machine 51st class.

Keywords: sewing machine, edging machine, looper mechanism, mechanical technology of stitch formation, kinematic analysis of the mechanism, computer modeling of the mechanism.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ГАЛУЗЬ ВИКОРИСТАННЯ ШВЕЙНОЇ МАШИНИ 51 КЛАСУ	6
1.1 Технічна характеристика швейної машини 51 кл.	6
1.2 Заправка ниток	7
1.3 Механічна технологія утворення стібків класу 500	8
РОЗДІЛ 2. ОПИС КОНСТРУКЦІЇ МЕХАНІЗМІВ ШВЕЙНОЇ МАШИНИ 51 КЛАСУ	12
2.1 Механізм голки	12
2.2 Механізм петельників	13
2.3 Механізм двигуна тканини	15
2.4 Вузол лапки	18
2.5 Механізм ножів	19
РОЗДІЛ 3. ОГЛЯД МЕТОДІВ АНАЛІЗУ ВАЖІЛЬНИХ МЕХАНІЗМІВ	21
РОЗДІЛ 4. КІНЕМАТИЧНИЙ АНАЛІЗ МЕХАНІЗМУ ПЕТЕЛЬНИКІВ ШВЕЙНОЇ МАШИНИ 51 КЛАСУ	27
4.1 Функції положення механізму	27
4.2 Функції швидкостей механізму	32
4.3 Функції прискорень механізму	34
4.4 Результати розрахунків	36
РОЗДІЛ 5. КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МЕХАНІЗМУ ПЕТЕЛЬНИКІВ ШВЕЙНОЇ МАШИНИ 51 КЛАСУ	45
ВИСНОВКИ	52
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	54

					БДП.ФАВОРИТ.00.00.ПЗ					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розробив		Ляшок О.В.			Просторовий механізм на базі механізму петельників швейної машини 51 класу Пояснювальна записка			Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевірів		Дворжак В.М.							4	57
Т. контр.								КНУТД, каф. ПММ, гр. БПМ-17, 2021 рік		
Н. контр.										
Затв.										

ВСТУП

Швейна галузь займає друге місце у складі легкої промисловості по вартості виготовляємої продукції. Швейні підприємства дуже розповсюджені. Вони є у багатьох містах України, майже в кожному обласному центрі. Найпотужнішими центрами є зазвичай великі міста (Київ, Дніпро, Хрків, Одеса, Львів, Чернівці), де зосереджено по декілька швейних фабрик зі значною кількістю працівників. Нині українська швейна промисловість в основному працює на замовлення іноземних фірм, які користуються дешевою робочою силою. Лівова частка продукції направлено на експорт.

					БДП.51.00.00.ПЗ	Аркуш
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		5

РОЗДІЛ 1. ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ГАЛУЗЬ ВИКОРИСТАННЯ ШВЕЙНОЇ МАШИНИ 51 КЛАСУ

Швейна машина 51 кл., виготовлена Подільським механічним заводом імені М. І. Калініна, представляє собою праворукавну малогабаритну машину та призначена для виконання красобметувальних стібків на середньому та середнетяжкому трикотажі. Виліт машини малий та визначається шириною обметувальної кромки, тому що на цій машині виконуються лише крайові шви.

Машина є базовою для конструктивного ряду одноголкових одно-, двух- та трьохниткових машин обметувального стібка. Машини конструктивного ряду призначені для швейної та трикотажної галузей легкої промисловості, підприємств побутового обслуговування та оздоблювальних цехів текстильних підприємств.

Машина шие прямою голкою, що рухається нахилено (під кутом $23^{\circ} 30'$) до фронтальної площини. В процесі утворення стібків приймають участь два петельника, які рухаються по дугам окружностей в площинах, паралельних до фронтальної площини. Просування матеріалу здійснюється двома зубчастими рейками (диференційне просування) у напрямку від оператора.

Машина складається з рукава та платформи, які з'єднані між собою за допомогою двох шпильок та двох винтів. В рукаві машини змонтований механізм голки, на коромислі якого закріплений ниткопритягувач. У лівій частині рукава розташована притискна лапка з гвинтом для регулювання зусилля притискання матеріалу та важелем підйому лапки. На верхній частині рукава встановлено регулятор натягу голкової нитки.

В платформі машини мотнується головний вал, на правому кінці якого закріплено привідний шків. На передній частині платформи справа встановлено регулятор натягу нитки верхнього петельника. На передню частину платформи виходять валики петельників. Також тут розташовані напрямлячі для ниток петельників. На верхній частині платформи кріпиться голкова пластина та встановлюється накладна платформа яка відкидається вліво за допомогою шарніра, а також монтується механізм ножів для обрізування зрізу матеріалу перед потраплянням його під голку. Попереду знизу передбачена маслянка для заливу мастила в резервуар, який розташовано в нижній частині платформи.

Машина встановлюється на чотири амортизатори на спеціальну підставку та кріпиться до столу гвинтом, що проходить через кришку столу, підставку та вкручується в пластину, яка закриває знизу резервуар для мастила. Головний вал машини отримує обертовий рух за допомогою клинопасової передачі від фрикційного електроприводу, встановленого під кришкою столу.

Головний вал обертається за годинниковою стрілкою, якщо дивитися зі сторони шківа. Вмикання двигуна виконується за допомогою кнопки, встановленої справа під кришкою столу. Машину вмикають натисканням на праву педаль. Ліва педаль слугує для підйому лапки. Машину заправляють нитками від бобін, встановлених на кришці столу справа позаду від машини.

1.1 Технічна характеристика швейної машини 51 кл.

- Частота обертання головного валу – до 3500 об/хв;
- Довжина стібка – від 1,5 до 4 мм;

					БДП.51.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

- Ширина обметування – від 3 до 6 мм;
- Найбільша товщина зшиваємих матеріалів – 4,9 мм.

1.2 Заправка ниток

Нитку голки з бобіни або катушки проводять зверху вниз через нитконапрямний отвір 14 (рис. 1.1) пластини 13, далі знизу вверх через нитконапрямний отвір 15, обводять між шайбами 20 регулятора натягу верхньої нитки, проводять через вічка 10, 11 ззаду наперед над ниткоподавачем 12 і зверху вниз заводять за нитконапрямний гачок 9. Далі нитку обводять між шайбами 8 додаткового регулятора натягу, закріпленого на повідку голководу, праворуч заводять за нитконапрямний гачок 5 і вводять у напрямку від працюючого у вушко голки 25.

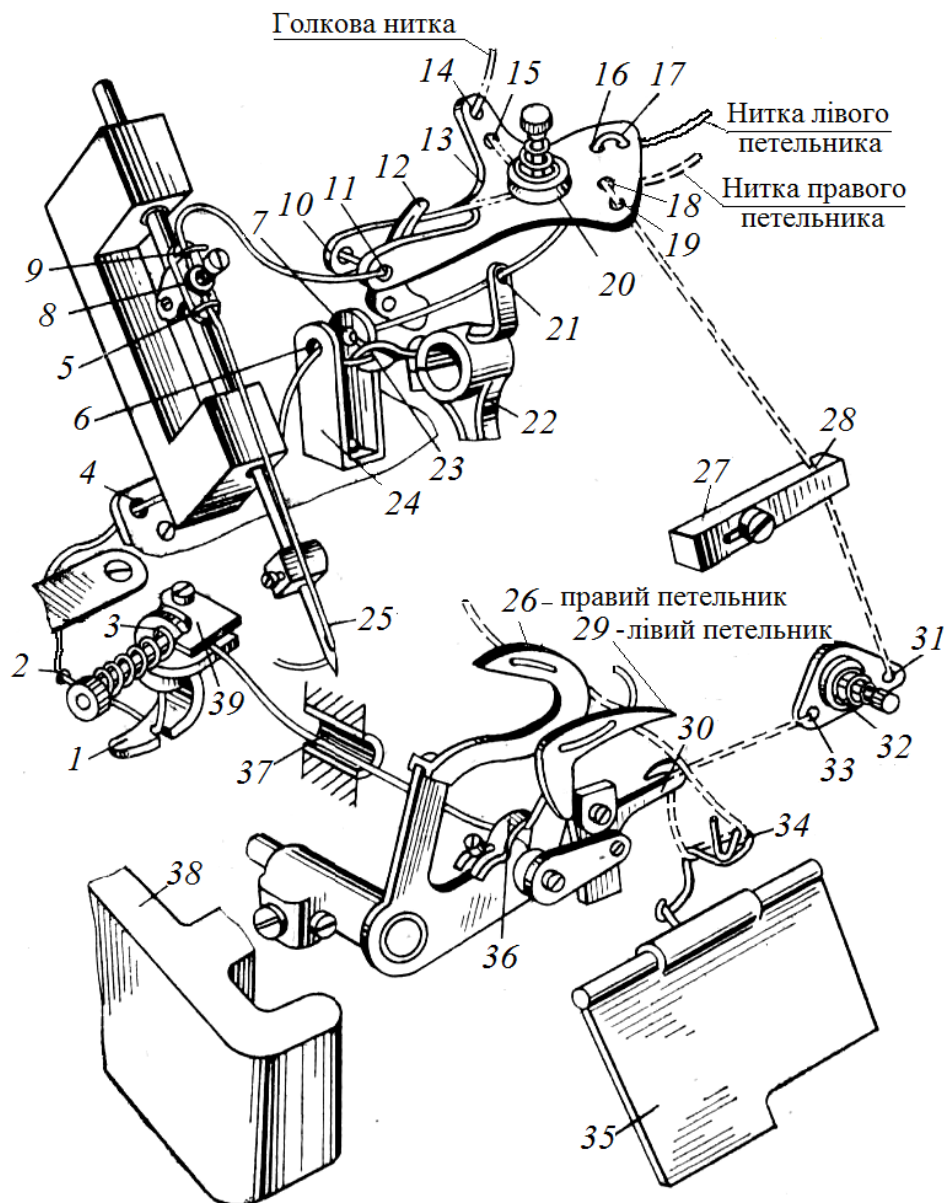


Рис. 1.1. Схема заправки ниток у швейній машині 51 кл. ПМЗ

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БДП.51.00.00.ПЗ

Аркуш

7

Перед заправкою ниткою лівого петельника 29 кришки 35 й 38 відкидають. Нитку з бобіни або котушки знизу вгору проводять через нитконапрямний отвір 17 пластини 13 і зверху вниз через нитконапрямний отвір 16. Потім нитку спереду вводять у вушко нитконапрямляча 21, закріпленого на верхній головці шатуна 22 механізму голки.

Далі нитку послідовно проводять через нитконапрямні отвори 7, 6 скоби 24 і нитконапрямляча 23, закріпленого на верхній головці шатуна 22, зверху вниз через отвір 4 на кришці корпусу, уводять ззаду в нитконапрямний отвір 2 кришки 38, в отвір розрізного нитконапрямляча 1, обводять між шайбами 3 регулятора натягу, між пластинчастими пружинами 39 і вводять у нитконапрямну трубку 37. Поворотом махового колеса правий петельник 26 переводять у крайнє ліве положення й заводять нитку за нитконапрямний гачок 36, закріплений на тримачі правого петельника. Поворотом махового колеса лівий петельник 29 знову переводять у крайнє ліве положення, і у його вушка пінцетом заправляють нитку.

Перед заправкою нитки правого петельника кришку 35 відкидають уперед. Нитку з бобіни або котушки проводять знизу вгору через нитконапрямний отвір 18 пластини 13 і зверху вниз уводять у нитконапрямний отвір 19. Далі нитку пропускають у нитконапрямний отвір 28 на пластині 27, уводять уперед у нитконапрямний отвір 31, обводять між шайбами 32 регулятора натягу нитки й уводять у нитконапрямний отвір 33. Потім нитку вводять у прорізь ниткоподавача 30, закріпленого на тримачі лівого петельника 29, заводять униз під гачок дрового нитконапрямляча 34 і пінцетом послідовно вводять у два вушка правого петельника 26.

1.3 Механічна технологія утворення стібків класу 500

На прикладі аналізу траєкторій робочих інструментів красобметувальних машин на рис.1.2 наведені наступні позначення, які покладені в основу механічної технології всіх стібків класу 500:

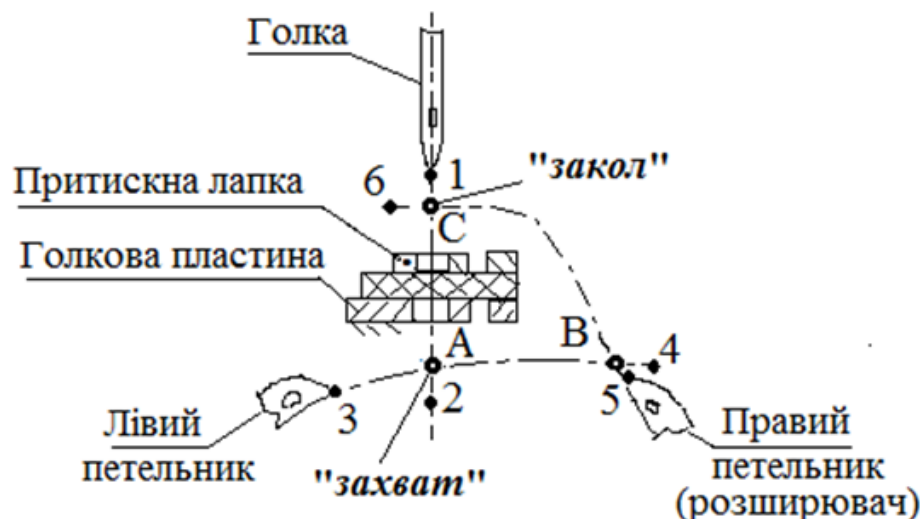


Рис. 1.2. Схема механічної технології базової взаємодії робочих інструментів і двох систем ниток при утворенні двониткових і триниткових стібків типу 503 і типу 504

- 1 і 2 – крайні положення голки;
- 3 і 4 – крайні положення лівого петельника;
- 5 і 6 – крайні положення правого петельника (розширювача);
- А – точка перетину траєкторій лівого петельника і вістря голки (захоплення петлі-напуску голки лівим петельником) – поширена назва «захват»;
- В – точка перетину траєкторій лівого петельника і правого петельника (розширювача), в який лівий петельник взаємодії з ниткою правого петельника або нитка лівого петельника знімається розширювачем і перетворюється у петлю яка далі буде рухатися по траєкторії для «заколу» голкою в точці С ;
- С – точка перетину траєкторій правого петельника і вістря голки (заколювання петлі правого петельника або петлі лівого петельника голкою) – поширена назва «закол»;

Механічна технологія утворення двухниткового ланцюгового обметувального стібка

У механічній технології утворення стібка беруть участь голка, лівий петельник, правий петельник або розширювач, зубчаста рейка та притискна лапка. Утворення стібка можна розділити на кілька етапів (рис. 1.3).

I. Голка 1 опускається в нижнє крайнє положення, лівий петельник 2 розміщується ліворуч, а розширювач 3 праворуч.

II. Голка 1 піднімається з нижнього крайнього положення на 2,5-3 мм та утворює із нитки петлю, у яку, рухаючись зліва направо, входить лівий петельник. Вушко голки в цей момент повинно бути нижче носика петельника на 1,5-2 мм.

III. Розширювач 5, рухаючись справа наліво, зустрічається з лівим петельником і захоплює його нитку. Голка в цей час виходить із матеріалу, а петля її втримується на лівому петельнику.

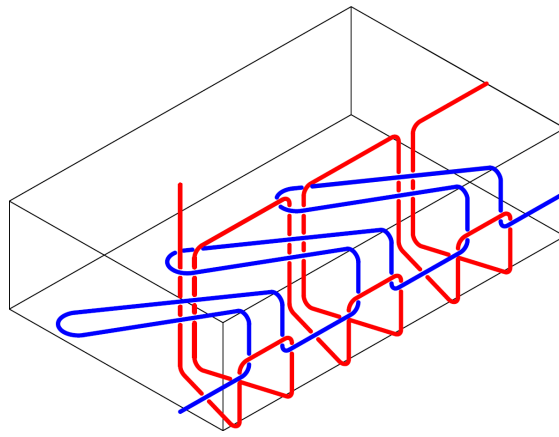
IV. Розширювач 3 піднімається над голковою пластинкою та ставить петлю лівого петельника 2 на лінію його руху. Піднімається зубчаста рейка і переміщає тканину на величину стібка. Голка, рухаючись униз, входить у петлю лівого петельника, підставлену розширювачем, і проколює тканину. Розширювач, рухаючись вправо, звільняє петлю, а голка й лівий петельник затягують петлі. Після чого процес утворення стібка повторюється. Нитки переплітаються на пальці притискної лапки, при просуванні матеріалу петлі зісковзують із пальця лапки й охоплюють зрізи матеріалу.

Механічна технологія утворення триниткового ланцюгового обметувального стібка

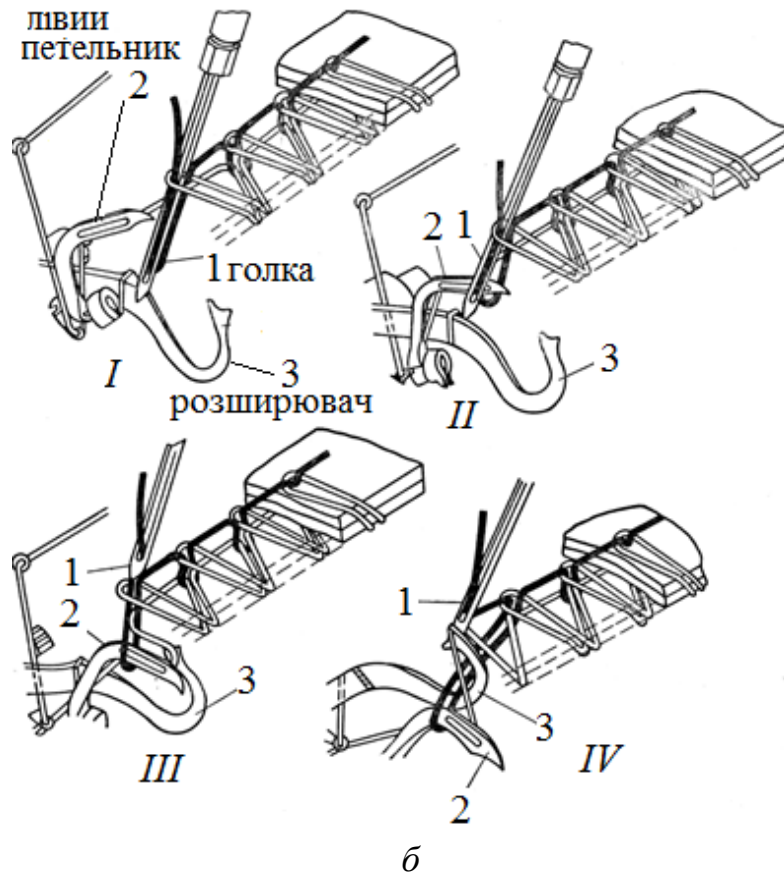
Для утворення обметувального триниткового стібка розширювач заміняють правим петельником, у який заправляють третю нитку. Механічна технологія можна розділити на кілька етапів (рис. 1.4).

I. Голка 1 опускається в нижнє крайнє положення, лівий петельник розміщується ліворуч, а правий – праворуч.

					БДП.51.00.00.ПЗ	Аркуш
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		9



a



б

Рис. 1.3. Механічна технологія утворення двохниткового обметувального стібка:
 а – схема стібка типу 503; б – схема утворення двохниткового обметувального стібка

II («захват»). При підйомі голки з нижнього крайнього положення на 2,5-3 мм із боку заднього жолобка утворюється петля. У цю петлю, рухаючись зліва направо, входить носик лівого петельника 2. У цей момент вушко голки розміщується нижче носика лівого петельника на 1,5-2 мм.

III. Голка 1 продовжує підніматися й виходить із матеріалу, назустріч лівому петельнику справа наліво рухається правий петельник 3 і входить у петлю лівого петельника 2.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БДП.51.00.00.ПЗ

IV («закол»). Правий петельник 3, рухаючись уліво, піднімається над голковою пластиною й ставить свою петлю на лінію руху голки. Зубчаста рейка переміщає тканину на величину стібка. Голка входить у петлю правого петельника й знову проколює тканину. Потім правий петельник переміщується вправо, а лівий – уліво, відбувається затягування стібка.

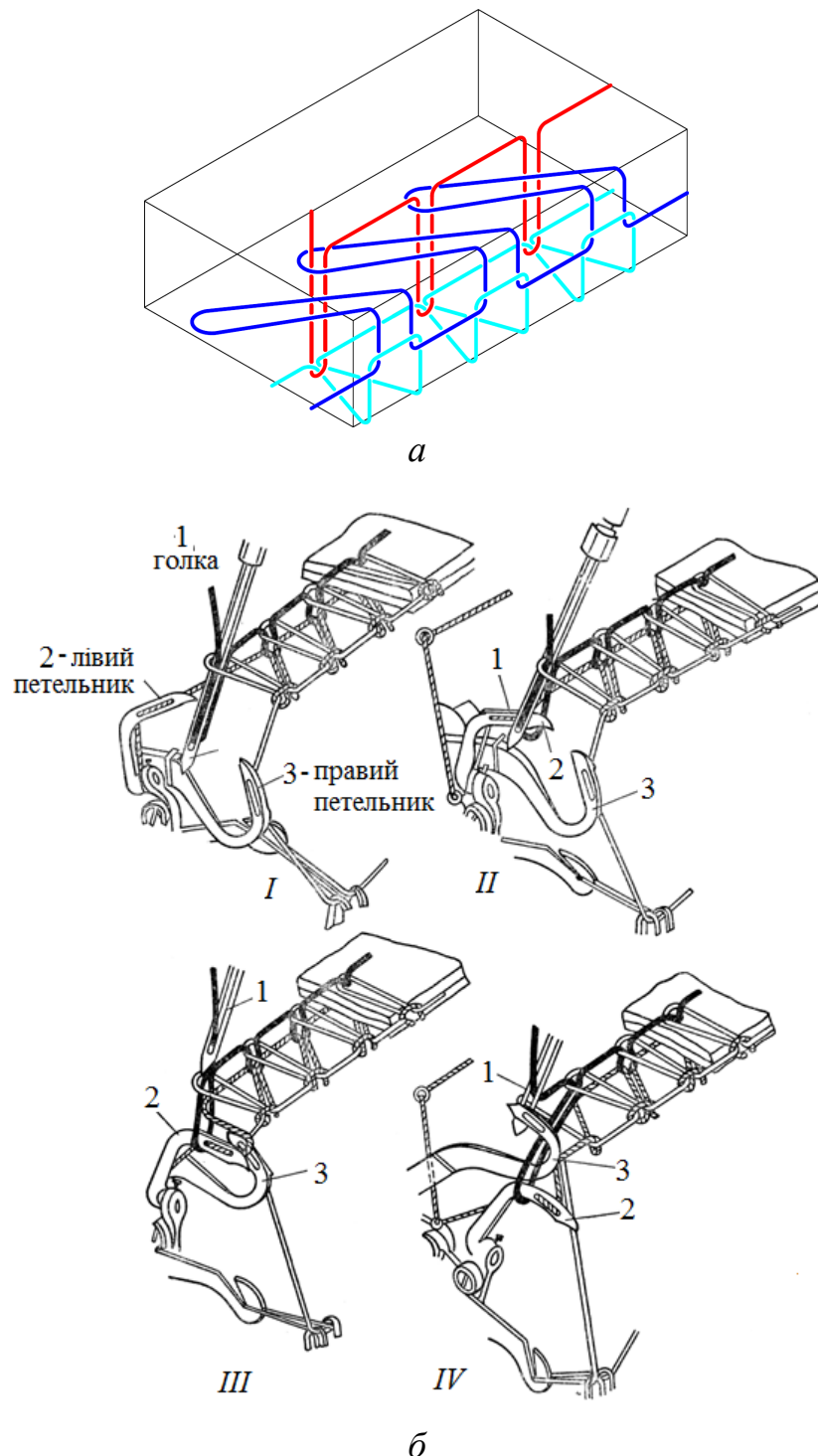


Рис. 1.4. Механічна технологія утворення триниткового обметувального стібка:
 а – схема стібка типу 504; б – схема утворення триниткового обметувального стібка

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

РОЗДІЛ 2. ОПИС КОНСТРУКЦІЇ МЕХАНІЗМІВ ШВЕЙНОЇ МАШИНИ 51 КЛАСУ

2.1 Механізм голки

Головний вал 1 машини (рис. 2.1) встановлюється у двох втулках 2 і 3, які закріплені упорними гвинтами в корпусі машини. На правому кінці головного вала кріпиться махове колесо 4. На циліндричну шийку коліна 5 головного вала 1 надівається рознімний сферичний вкладиш 6, шпонка 7 якого входить у прорізь шатуна 8. Нижня головка шатуна рознімна й стягується двома гвинтами на сферичному вкладиші 6. Верхня рознімна головка шатуна 8 надівається на сферичний палець 9, що кріпиться в коромислі 10 двома упорними гвинтами 11.

Коромисло 10 виконано солідарно з валом 12, що встановлюється у двох втулках, закріплених в рукаві машини упорними гвинтами. Посередині вала двома упорними гвинтами 13 кріпиться коромисло 14, що за допомогою шатуна 15 з'єднується з повідком 16. У ньому стягуючим гвинтом 17 кріпиться голковід 18, що рухається у двох втулках, закріплених на фронтівій частині машини упорними гвинтами. У торці голководу виконується отвір, в який до упору вставляється голка 19. На голковід 18 надівається голкотримач 20, у ньому упорним гвинтом 21 кріпиться голка 19. Голка 19 має два довгих жолобки, один із яких з бугорком. Голка встановлюється довгим жолобком без бугорка до працюючого.

Якщо під дією коліна головного вала 1 шатун 8 піднімається, то коромисла 10, 14 і вал 12 повертаються проти годинникової стрілки, шатун 15 опускає голковід 18 і голку 19.

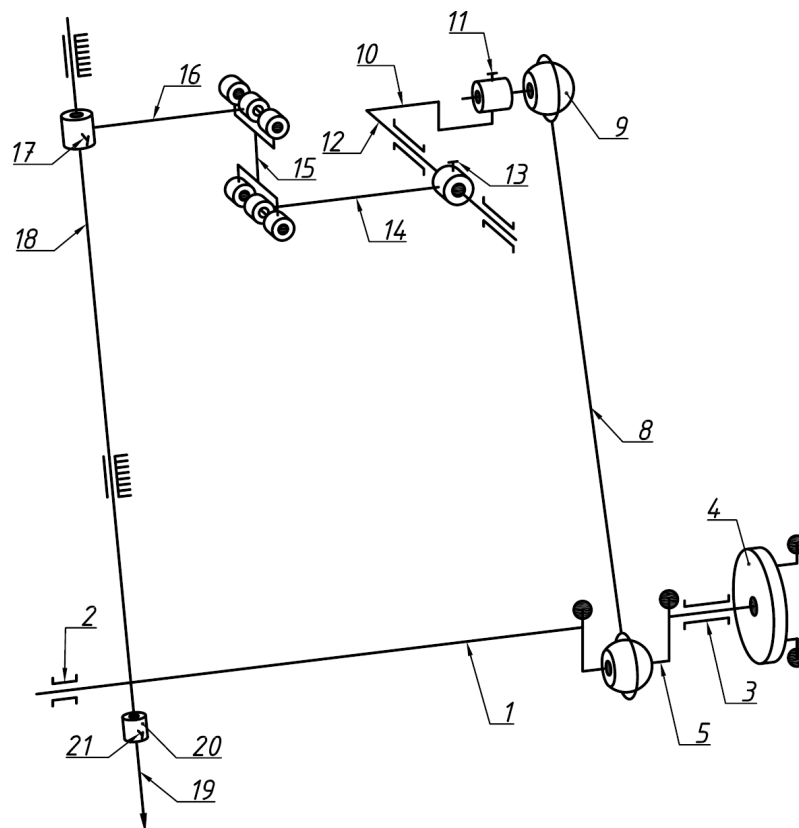


Рис. 2.1. Схема механізму голки швейної машини 51 кл.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БДП.51.00.00.ПЗ

Аркуш

12

Регулювання:

- 1) положення голки по висоті відносно лівого петельника регулюється переміщенням голководу 18 по вертикалі після ослаблення гвинта 17;
- 2) величина ходу голки регулюється переміщенням пальця 9 усередині коромисла 10 після ослаблення гвинтів 11. При висуванні пальця 9 хід голки зменшується.

2.2 Механізм петельників

На лівому кінці головного вала 1 (рис. 2.2, рис. 2.3, рис. 2.4) установчим 22 і упорним 23 гвинтами кріпиться кривошип 24. На палець 25 кривошипа надівається втулка 26, а на неї – знімний сферичний вкладиш 27. Осьові зсуви втулки 26 усуваються гайкою 28, що нагвинчується на різбову частину пальця 25. У прорізь сферичної втулки 27 вставляється шпонка 29, що ковзає, а друга частина шпонки 29 вставляється в прорізь шатуна 30. Верхня головка шатуна 30 рознімна й двома стягуючими гвинтами стягується на сферичному вкладиші, нижня головка надівається на сферичний палець 31, що кріпиться упорним гвинтом 32 у коромислі 33 правого петельника. Коромисло 33 виконується солідарно з валом, який надівається на вісь 34, задній кінець якої кріпиться у розрізаній втулці, закріпленій упорним гвинтом у корпусі машини. Передня частина осі 34 вставляється в отвір втулки, яка кріпиться упорним гвинтом 35 у корпусі машини.

До другого кінця коромисла 33 притискним гвинтом 36 кріпиться правий петельник або розширювач 37. Третє плече коромисла 33 за допомогою двох паралельних шатунів 38 з'єднується з коромислом 39 лівого петельника. З'єднання здійснюється за допомогою двох втулок 40, через які проходять гвинтові шпильки 41. Позаду шпильки кріпляться гайками 42. Коромисло 39 надівається на вісь 43, що кріпиться в корпусі машини упорним гвинтом 44. У коромислі 39 стягуючим гвинтом 45 кріпиться лівий петельник 46.

Під дією кривошипа 24 шатун 30 здійснює рухи по вертикалі. При підйомі шатуна коромисло 33 правого петельника повертається за годинниковою стрілкою й правий петельник (розширювач) 37 рухається вправо. Паралельні шатуни 38, опускаючись униз, повертають коромисло 39 проти годинникової стрілки, і лівий петельник 46 рухається вліво. Таким чином, у зв'язку із застосуванням різнорідних коромисел 38 й 39 отримують узгоджені коливальні рухи петельників.

Особливістю механізму петельників є те, що він забезпечує приблизний (з незначними коливаннями) вистій лівого петельника *ЛП* у крайньому правому положенні, а правий петельник *ПП* встановлений на відростку двоплечого коромисла.

Такі структурні схеми були характерні для перших краєобметувальних машин класу ТШ (оверлок) «Легмаш» (Полтава, Україна) та машин класу ЕМЗ-2 (Москва, Росія). З п'ятдесятих років минулого століття упродовж кількох десятиліть подібні структури застосовуються в машинах машини 51 кл., 51-А класу ПМЗ (Подольськ, Росія). Аналогічні структурні схеми механізмів застосовують і тепер, зокрема, у машинах СМЗ-1 (Китай) та інших побутових краєобметувальних машинах.

					БДП.51.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

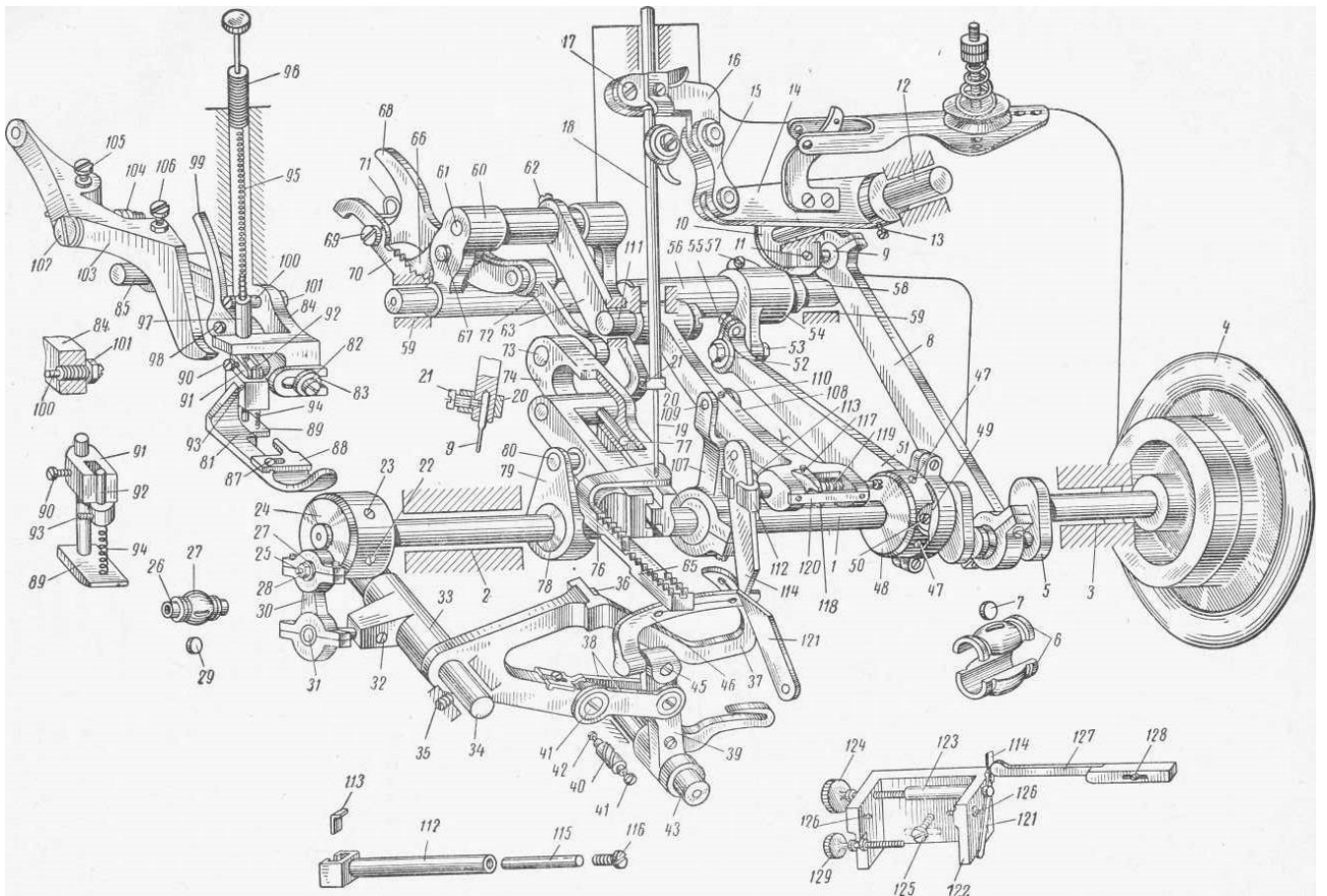


Рис. 2.2. Конструктивна схема швейної машини 51 кл.

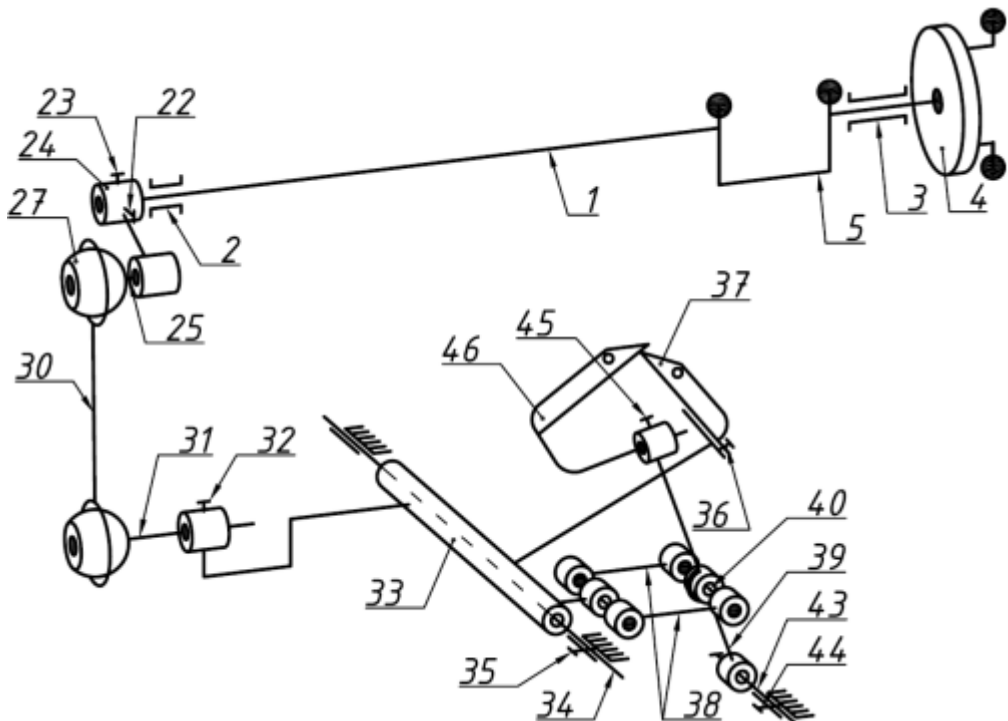


Рис. 2.3. Схема механізму петельників швейної машини 51 кл.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БДП.51.00.00.ПЗ

Аркуш

14

Регулювання:

1) місце розташування лівого петельника 46 відносно голки регулюється переміщенням петельника уздовж платформи машини після ослаблення гвинта 45; при виконанні цього регулювання необхідно, щоб у крайньому лівому положенні носик петельника був далі від голки на відстані 2-3,5 мм;

2) для регулювання зазору між лівим петельником 46 і голкою послабляють гвинт 45 і петельник 46 повертають поперек платформи машини; зазор повинен дорівнювати 0,05 мм;

3) місце розташування носика правого петельника (розширювача) 37 відносно голки регулюється переміщенням петельника уздовж платформи машини в межах його овальної прорізі після ослаблення гвинта 36; при цьому регулюванні необхідно, щоб носик правого петельника при своєму лівому крайньому положенні заходив за лінію руху голки на 8-9,5 мм;

4) величина ходу петельників регулюється переміщенням осі сферичного пальця 31 всередині коромисла 33 після ослаблення гвинта 32; при висуванні осі величина ходу зменшується у зв'язку зі зменшенням кута повороту коромисла 33 при рівних вертикальних переміщеннях шатуна 30.

2.3 Механізм двигуна тканини

У машині застосовується диференціальний двигун тканини, що складається із двох зубчастих рейок. Передня (основна) зубчаста рейка переміщає тканину на встановлену довжину стібка, а задня (додаткова) – переміщає тканину на меншу величину. Різниця переміщень усуває розтягання трикотажу в процесі його обметування. Механізм двигуна тканини складається із чотирьох механізмів: горизонтальних переміщень передньої й задньої рейок, вертикальних переміщень рейок і лапки.

Механізм горизонтальних переміщень основної рейки

На головному валу 1 (див. рис. 2.2, рис. 2.4, рис. 2.5) установчим і упорним гвинтами 47 кріпиться корпус ексцентрика 48. У паз корпуса ексцентрика вставляється повзун 49 сферичного ексцентрика просування. Повзун 49 у корпусі ексцентрика 48 кріпиться за допомогою ходового (регулювального) гвинта 50 і притискного гвинта (на малюнку не показаний), що упирається своєю голівкою в стінку повзуна й запобігає його поздовжнім зсувам.

На ексцентрик просування надівається передня рознімна головка шатуна 51. Задня головка шатуна надівається на шарнірний гвинт 52, що кріпиться гайкою 53 у коромислі 54.

На циліндричній частині шарнірного гвинта 52 задня головка шатуна 51 стягується гвинтом 55. Коромисло 54 на валу просування 56 кріпиться стягуючим гвинтом 57. Вал 56 пустотілий і надівається на вісь 58, що кріпиться у двох розрізних втулках 59, закріплених упорними гвинтами в корпусі машини. У рамку 60 вставляється вісь 61, що упорним гвинтом 62 кріпиться у шатуні 63 двигуна тканини. До передньої частини шатуна 63 притискним гвинтом 64 (див. рис. 2.2) прикріплюється передня рейка 65 (див. рис. 2.2, рис. 2.5).

Під дією ексцентрика просування шатун 51 переміщається поперек платформи. Якщо шатун рухається до працюючого, то коромисло 54, вал 56 і рамка 60 повертаються проти годинникової стрілки й важіль 63 переміщає рейку 65 від працюючого.

					БДП.51.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

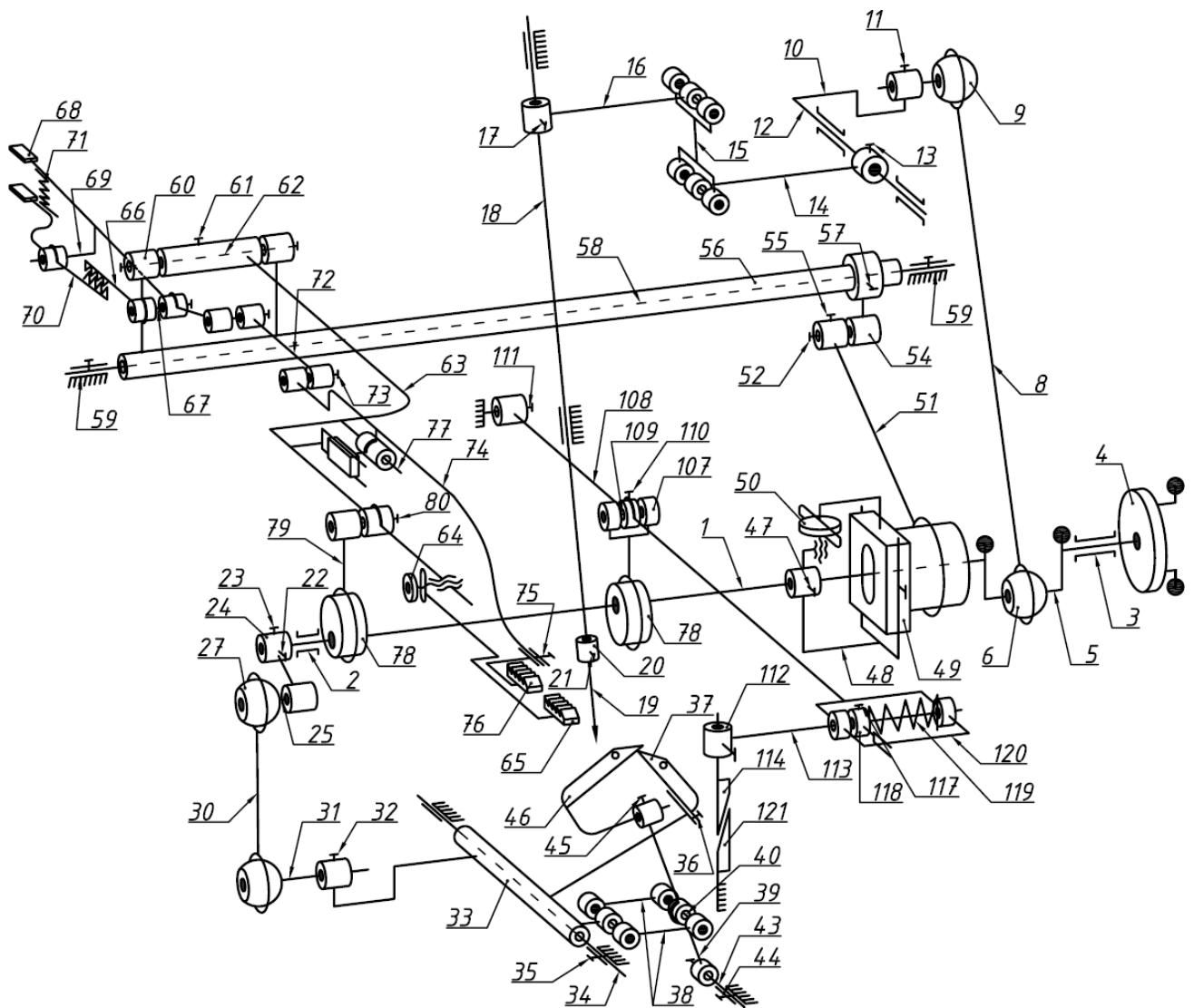


Рис. 2.4. Кінематична схема швейної машини 51 кл (позиції проставлені у відповідності з рис. 2.2)

- | | | |
|-------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| 1 – головний вал; | 33 – полий вал з трьома відростками; | 65 – основна зубчаста рейка; |
| 2 – підшипник ковзання; | 34 – вісь; | 66 – зубчастий сектор; |
| 3 – підшипник ковзання; | 35 – гвинт; | 67 – вісь; |
| 4 – маховик; | 36 – гвинт; | 68 – рукоятка; |
| 5 – кривошип у вигляді коліна вала; | 37 – петельник правий (верхній); | 69 – вісь; |
| 6 – сферична цапфа; | 38 – шатун; | 70 – зубчастий рейка; |
| 8 – шатун; | 39 – коромисло; | 71 – пружина кручення; |
| 9 – палець зі сферичною головкою; | 40 – вісь; | 72 – шатун; |
| 10 – коромисло; | 43 – вісь; | 73 – вісь; |
| 11 – гвинт; | 44 – гвинт; | 74 – повзун; |
| 12 – полий вал; | 45 – гвинт; | 75 – гвинт; |
| 13 – гвинт; | 46 – петельник лівий (нижній); | 76 – додаткова зубчаста рейка; |
| 14 – коромисло; | 47 – гвинт; | 77 – циліндричний напрямний стержень; |
| 15 – шатун; | 48 – корпус ексцентрика; | 78 – ексцентрик; |
| 16 – поводок; | 49 – повзун; | 79 – шатун; |
| 17 – гвинт стягуючий; | 50 – гвинт регулювальний; | 80 – вісь; |
| 18 – голковід; | 51 – шатун; | 107 – шатун; |
| 19 – голка; | 52 – палець; | 108 – коромисло; |
| 20 – голкотримач; | 54 – коромисло; | 109 – вісь; |
| 21 – гвинт; | 55 – гвинт стягуючий; | 110 – гвинт; |
| 22 – гвинт; | 56 – полий вал; | 111 – вісь; |
| 23 – гвинт; | 57 – гвинт; | 112 – тримач; |
| 24 – кривошип; | 58 – вісь; | 113 – стержень; |
| 25 – палець кривошипу; | 59 – розрізні втулки; | 114 – рухомий ніж; |
| 26 – коромисло; | 60 – коромисло; | 117 – гвинт; |
| 27 – сферична головка; | 61 – гвинт; | 118 – кільце з напрямною; |
| 30 – шатун; | 62 – вісь; | 119 – пружина; |
| 31 – палець зі сферичною головкою; | 63 – шатун; | 120 – напрямна планка; |
| 32 – гвинт; | 64 – гвинт; | 121 – нерухомий ніж |

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

БДП.51.00.00.ПЗ

Аркуш

16

Механізм горизонтальних переміщень задньої рейки

Рамка 60 має дві перпендикулярні фрезеровані площадки, у які вставляється нерухомий зубчастий сектор 66. У сектор і рамку загвинчується шарнірний циліндричний гвинт 67, на якому встановлюється триплече коромисло 68. У коромисло 68 загвинчується шарнірний гвинт 69, на якому встановлюється рухливий сектор 70, що намагається під дією пружини 71 повернутися проти годинникової стрілки й увійти у зачеплення з нерухомим сектором 66.

Переднє плече коромисла 68 за допомогою шарнірного циліндричного гвинта з'єднується з шатуном 72. Передня головка шатуна 72 за допомогою пальця 73 з'єднується з повзуном 74 двигуна тканини задньої рейки. До переднього плеча повзуна 74 притискним гвинтом 75 (див. рис. 2.2) прикріплюється задня рейка 76 (див. рис. 11.6). У шатуні 63 упорним гвинтом кріпиться напрямний циліндричний стержень 77, що входить у паз повзуна 74. Таке з'єднання дозволяє повзуну 74 переміщатися відносно шатуна 63 і разом з ним рухатися по вертикалі.

Під дією рамки 60 коромисло 68 здійснює коливальні рухи. Якщо коромисло 68 разом з рамкою повертається проти годинникової стрілки, то шатун 72 і повзун 74 разом з рейкою 76 зміщуються від працюючого. Оскільки точка з'єднання коромисла 68 з шатуном 72 нижче осі 61 рамки 60, то шатун 72, повзун 74 і рейка 76 переміщуються на меншу величину в порівнянні з рейкою 65.

Механізм вертикальних переміщень рейок

На головному валу 1 установчим і упорним гвинтами кріпиться здвоєний ексцентрик 78, на нього надівається шатун 79, що вгорі закінчується пальцем 80, вставленим в отвір шатуна 63.

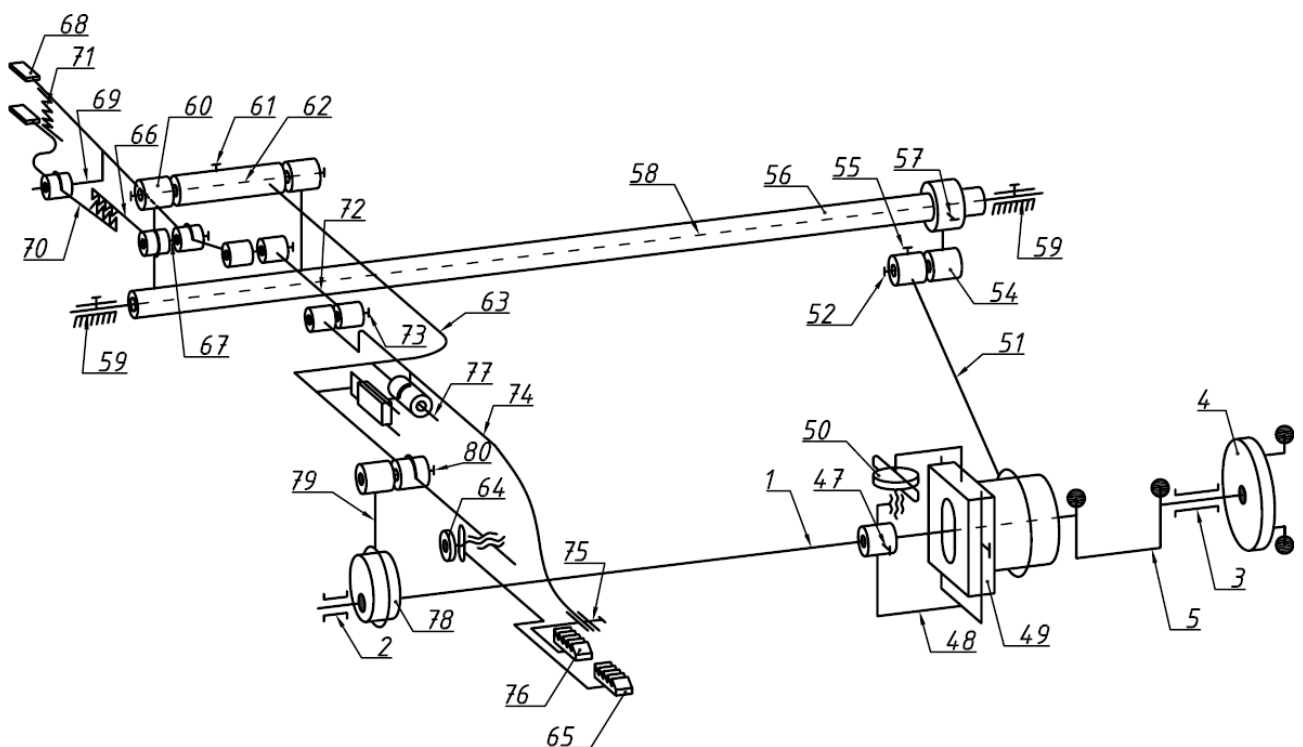


Рис. 2.5. Схема механізму переміщення матеріалу швейної машини 51 кл.

Регулювання:

- 1) довжина стібка регулюється обертанням гвинта 50 після ослаблення гвинта повзуна просування 49; при вивертанні гвинта 50 довжина стібка збільшується;
- 2) висота підйому рейок 65 й 76 регулюється ослабленням гвинтів 64, 75 і переміщенням по вертикалі відносно коромисла 63 і повзуна 74;
- 3) величина просування задньої рейки регулюється натисканням на плече сектора 70 і поворотом його за годинниковою стрілкою, при цьому зубчики сектора 70 виводяться із зачеплення із зубчиками нерухомого сектора 66; потім коромисло 68 повертають на гвинті 67; при повороті сектора 70 за годинниковою стрілкою величина просування рейки 76 зменшується;
- 4) місце розташування рейок у прорізах голкової пластини регулюється поворотом вала 56 після ослаблення гвинта 57 коромисла 54, якщо рейки потрібно змістити поперек платформи; при зсуві рейок уздовж платформи, крім того, ослабляють упорні гвинти втулок 59 і вал 56 разом з віссю 58 і втулками переміщують уздовж платформи.

2.4 Вузол лапки

Лапка 81 притискним гвинтом 82 через шайбу 83 прикріплюється до переднього плеча важеля лапки 81. Заднє плече важеля 84 надівається на шарнірну шпильку 85, що упорним гвинтом 86 (див. рис. 2.2) кріпиться в корпусі машини. До лапки 81 притискним гвинтом 87 прикріплюється петлетвірний палець 88. У паз лапки вставляється направлявач 89 ланцюжка, стержень якого упорним гвинтом 90 кріпиться в хомутику 91. У вилючку хомутика вставляється вісь 92 направлявача 89, що упорним гвинтом 93 кріпиться в лапці.

Знизу в направлявач упирається пружина 94, що створює тиск направлявача 89 ланцюжка на тканину. У передню частину рукава машини вставляється пружина 95, що одним кінцем упирається в регулювальний гвинт 96, а другим – в упор 97 і створює тиск важеля 84 і лапки 81 на голкову пластину.

Підйом лапки над голковою пластиною може бути здійснений вручну або натисканням на педаль. Для підйому лапки рукою на циліндричний шарнірний гвинт 98 надівається важіль підйому 99. У важіль 84 загвинчується ексцентрична шпилька 100 і кріпиться в ній гайкою 101. Кінець шпильки розташований над важелем 99. Для підйому лапки натисканням на педаль у корпус машини загвинчується шарнірний циліндричний гвинт 102, на який надіваються важіль 103 і пружина 104. Пружина намагається повернути важіль 103 за годинниковою стрілкою. Гвинти 105 й 106 служать обмежувачами повороту важеля 103.

При підйомі лапки натискають на педаль, важіль 103 повертається проти годинникової стрілки й надавлює на відросток важеля 84, лапка 81 піднімається. При такому повороті важеля 103 пружина 104 закручується.

Регулювання:

- 1) тиск лапки на тканину регулюється гвинтом 96;
- 2) місце розташування лапки 81 відносно рейки регулюється переміщенням лапки вздовж платформи машини після ослаблення гвинта 82;
- 3) місце розташування пальця 88 відносно голки регулюється переміщенням пальця в пазу лапки в межах його овальної прорізи після ослаблення гвинта 87;
- 4) висота підйому лапки рукою над голковою пластиною регулюється

					БДП.51.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

поворотом шпильки 100 після ослаблення гайки 101; при повороті шпильки ексцентричною поверхнею вниз висота підйому лапки збільшується;

5) висота підйому лапки натисканням на педаль регулюється поворотом гвинта 105 після ослаблення контргайки гвинта; при загвинчуванні гвинта підйом лапки зменшується;

б) сила тиску направлювача 89 ланцюжка регулюється переміщенням осі 92 направлювача по вертикалі після ослаблення гвинта 93.

2.5 Механізм ножів

На праву сферичну частину ексцентрика 78 надівається нижня рознімна головка шатуна 107; верхня головка шатуна виконується вилкуватою й з'єднується з коромислом 108 ножа за допомогою осі 109, закріпленої в ньому упорним гвинтом 110. Заднє плече коромисла 105 надівається на вісь 111, що кріпиться в корпусі машини упорним гвинтом.

Переднє плече коромисла 108 виконується з вилкуватою головкою, у напрямні якої вставляється тримач 112. У його передню частину вставляються клиночок 113 і ніж 114. В осьовий канал тримача 112 вставляється шпилька 115 і загвинчується упорний гвинт 116. Шпилька 115 натискає на клиночок 113, що забезпечує щільне кріплення верхнього ножа у тримачі. У процесі роботи машини верхній ніж повинен бути притиснутий до нижнього, для чого тримач 112 упорним гвинтом 117 закріплюється в хомутику 118. Між хомутиком 118 і правою головкою вилкуватого коромисла надівається пружина 119, що і створює тиск верхнього ножа на нижній. Щоб у процесі роботи машини хомутик 118 і верхній ніж не могли повернутися навколо своєї осі, хомутик має вильчастий паз, що охоплює напрямну планку 120, закріплену двома притискними гвинтами до коромисла 108.

Нижній ніж 121 знизу вставляється в паз колодочки 122 і кріпиться в прорізі тримача 123. Притискання ножа у тримачу здійснюється завдяки нагвинчуванню гайки 124. Колодочка 122 у корпусі машини кріпиться притискним гвинтом 125, а стійкість її положення досягається двома упорними гвинтами 126 з контргайками. Притискання леза верхнього ножа 114 до нижнього ножа 121 здійснюється пластинкою 127, що прикріплюється притискним гвинтом 128 до корпусу машини.

Під дією ексцентрика 78 шатун 107 переміщається по вертикалі. Якщо шатун піднімається вгору, коромисло 108 повертається проти годинникової стрілки й верхній ніж 114 піднімається.

Регулювання:

1) ширина шва регулюється переміщенням ножів уздовж платформи; для цього ослабляють гвинт 128 пластини 127 і пластину пересувають вправо; якщо ширину шва потрібно збільшити, то лівий гвинт 126 вивертають, ослабляють гвинт 125 і колодочку 122 гвинтом 129 зміщують вправо;

2) положення верхнього ножа 114 по висоті відносно нижнього ножа 121 регулюється переміщенням ножа 114 по вертикалі після ослаблення гвинта 116; при цьому регулюванні необхідно, щоб ріжуча кромка верхнього ножа при нижньому крайньому положенні були нижче кромки нижнього ножа не менше ніж на 1 мм;

					БДП.51.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

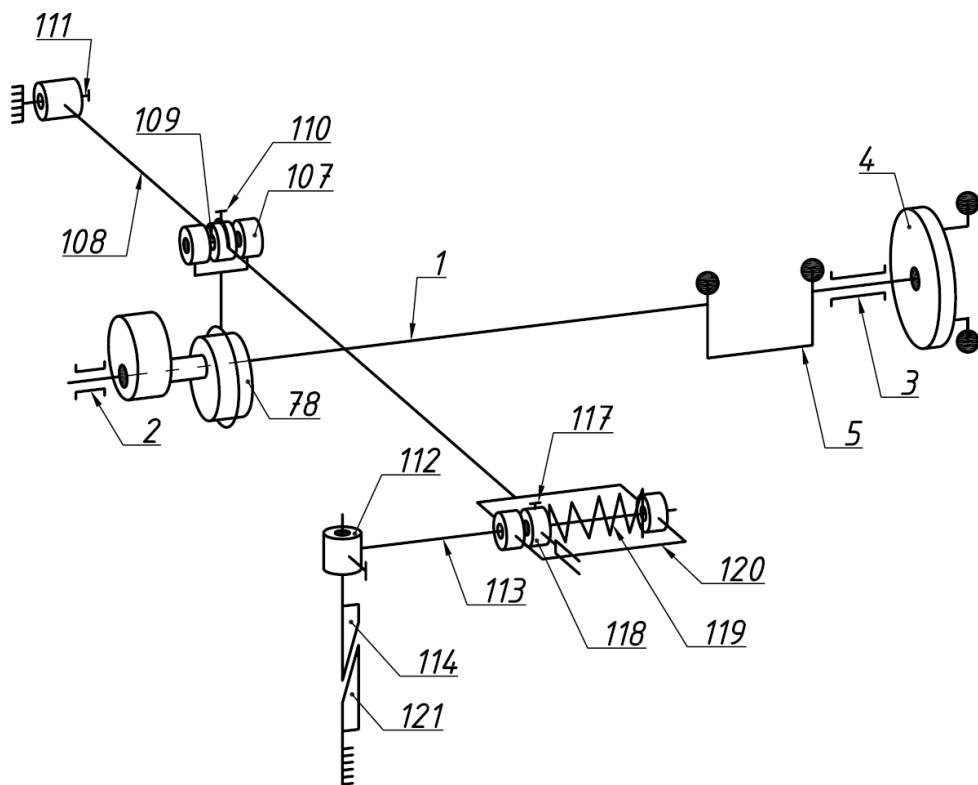


Рис. Схема механізму ножа швейної машини 51 кл.

3) місце розташування нижнього ножа *121* по висоті регулюється ослабленням гайки *124* і переміщенням ножа *121* у пазу колодочки *122*, причому його ріжуча кромка повинна збігатися з поверхнею голкової пластинки;

4) місце розташування верхнього ножа *114* відносно нижнього ножа *121* може бути відрегульовано поворотом тримача *112* навколо його осі після ослаблення гвинта *117*; ріжуча кромка верхнього ножа з ріжучою кромкою нижнього ножа повинна складати кут $15-20^\circ$.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БДП.51.00.00.ПЗ

Аркуш

20

РОЗДІЛ 3. ОГЛЯД МЕТОДІВ АНАЛІЗУ ВАЖІЛЬНИХ МЕХАНІЗМІВ

Метод векторних замкнутих контурів

Суть методу замкнутих контурів полягає у наступному:

- ланки механізму зображають у вигляді векторів, які утворюють на схемі механізму один або декілька замкнених векторних контурів (у відповідності з кількістю груп Ассура);
- складають векторні рівняння замкненості кожного контуру;
- обирають прямокутну систему координат, та проєктують рівняння замкненості контурів на осі обраної системи координат;
- в результаті отримують аналітичні залежності положень ланок від узагальнених координат механізму і його розмірів, тобто функцію положень ланок механізму;
- диференціюють двічі по часу рівняння замкненості контурів в проєкціях на осі X , Y і отримують, відповідно, систему рівнянь для визначення швидкостей і прискорень ланок механізму. Якщо диференціюють по узагальненій координаті – отримують, відповідно, рівняння для визначення аналогів швидкостей і прискорень;
- визначають координати, проєкції швидкостей і прискорень характерних точок механізму. Визначають модулі швидкостей і прискорень цих точок.

Метод векторного перетворення координат

Для кінематичного розрахунку важільних механізму методом векторного перетворення координат у *MathCAD* скористаємося наступними відомостями з векторного аналізу.

Вектор P_{AB} (рис. 3.2) можна розкласти по осям координат X_1, Y_1, Z_1 (для спостерігача в площині екрана монітора при 2D кінематичному аналізі осі Z_1 та Z_2 збігаються з точкою A):

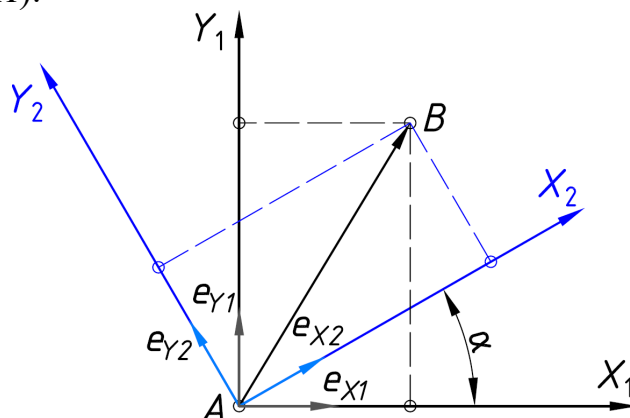


Рис. 3.2. Розрахункова схема для визначення проєкцій вектора P_{AB} при повороті системи координат $X_1Y_1Z_1$ у положення $X_2Y_2Z_2$ навколо осі Z_1

$$P_{AB} = e_{X_1} \cdot P_{AB_{X_1}} + e_{Y_1} \cdot P_{AB_{Y_1}} + e_{Z_1} \cdot P_{AB_{Z_1}}.$$

Спроєкуємо вектор P_{AB} на осі X_2, Y_2, Z_2 . З цією метою вираз потрібно помножити скалярно на орт відповідної осі:

					БДП.51.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

$$\begin{aligned}
 P_{AB_{X_2}} &= e_{X_2} \cdot P_{AB} = e_{X_2} \cdot e_{X_1} \cdot P_{AB_{X_1}} + e_{X_2} \cdot e_{Y_1} \cdot P_{AB_{Y_1}} + e_{X_2} \cdot e_{Z_1} \cdot P_{AB_{Z_1}}, \\
 P_{AB_{Y_2}} &= e_{Y_2} \cdot P_{AB} = e_{Y_2} \cdot e_{X_1} \cdot P_{AB_{X_1}} + e_{Y_2} \cdot e_{Y_1} \cdot P_{AB_{Y_1}} + e_{Y_2} \cdot e_{Z_1} \cdot P_{AB_{Z_1}}, \\
 P_{AB_{Z_2}} &= e_{Z_2} \cdot P_{AB} = e_{Z_2} \cdot e_{X_1} \cdot P_{AB_{X_1}} + e_{Z_2} \cdot e_{Y_1} \cdot P_{AB_{Y_1}} + e_{Z_2} \cdot e_{Z_1} \cdot P_{AB_{Z_1}}.
 \end{aligned}$$

У виразах коефіцієнтами при проєкціях вектора P_{AB} на осі X_1, Y_1, Z_1 є скалярні добутки ортів осей координатних систем $X_1Y_1Z_1$ та $X_2Y_2Z_2$, які дорівнюють косинусам кутів між відповідними координатними осями.

Вираз можна переписати таким чином:

$$\underbrace{\begin{pmatrix} P_{AB_{X_2}} \\ P_{AB_{Y_2}} \\ P_{AB_{Z_2}} \end{pmatrix}}_{\text{вектор-стовпчик перетвореного вектора}} = \underbrace{\begin{pmatrix} \cos(e_{X_2}, e_{X_1}) & \cos(e_{X_2}, e_{Y_1}) & \cos(e_{X_2}, e_{Z_1}) \\ \cos(e_{Y_2}, e_{X_1}) & \cos(e_{Y_2}, e_{Y_1}) & \cos(e_{Y_2}, e_{Z_1}) \\ \cos(e_{Z_2}, e_{X_1}) & \cos(e_{Z_2}, e_{Y_1}) & \cos(e_{Z_2}, e_{Z_1}) \end{pmatrix}}_{\text{матриця (3x3) повороту вектора}} \cdot \underbrace{\begin{pmatrix} P_{AB_{X_1}} \\ P_{AB_{Y_1}} \\ P_{AB_{Z_1}} \end{pmatrix}}_{\text{вектор-стовпчик вектора, що перетворюється}}.$$

Матриця у виразі, яка складена з косинусів кутів між відповідними координатними осями, є матрицею напрямних косинусів, або матрицею повороту.

Для частинного випадку повороту системи координат $X_1Y_1Z_1$ навколо осі Z_1 (рис. 3.2) на кут α до її суміщення з системою координат $X_2Y_2Z_2$ вираз записується таким чином:

$$\begin{aligned}
 \begin{pmatrix} P_{AB_{X_2}} \\ P_{AB_{Y_2}} \\ P_{AB_{Z_2}} \end{pmatrix} &= \begin{pmatrix} \cos(\alpha) & \cos(90^\circ - \alpha) & \cos(90^\circ) \\ \cos(90^\circ + \alpha) & \cos(\alpha) & \cos(90^\circ) \\ \cos(90^\circ) & \cos(90^\circ) & \cos(0^\circ) \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} P_{AB_{X_1}} \\ P_{AB_{Y_1}} \\ P_{AB_{Z_1}} \end{pmatrix} = \\
 &= \underbrace{\begin{pmatrix} \cos(\alpha) & \cos(90^\circ - \alpha) & 0 \\ \cos(90^\circ + \alpha) & \cos(\alpha) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}}_{\text{матриця (3x3) повороту вектора}} \cdot \begin{pmatrix} P_{AB_{X_1}} \\ P_{AB_{Y_1}} \\ P_{AB_{Z_1}} \end{pmatrix}
 \end{aligned}$$

При кінематичному аналізі механізмів система координат $X_1Y_1Z_1$ вважається нерухомою, а система координат $X_2Y_2Z_2$ – рухомою, оскільки одна з її осей координат зазвичай збігається з вектором-ланкою механізму. При цьому проєкції вектора P_{AB} в рухомій системі координат $X_2Y_2Z_2$ є відомими. Для визначення проєкцій вектора P_{AB} в нерухомій системі координат $X_1Y_1Z_1$ потрібно у виразі транспонувати матрицю повороту $m_i \times n_j$ (тобто замінити її i -ту строку j -им стовпчиком того самого номера). Виконавши це, отримаємо:

$$\begin{pmatrix} P_{AB_{X_1}} \\ P_{AB_{Y_1}} \\ P_{AB_{Z_1}} \end{pmatrix} = \underbrace{\begin{pmatrix} \cos(\alpha) & \cos(90^\circ + \alpha) & 0 \\ \cos(90^\circ - \alpha) & \cos(\alpha) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}}_{\text{матриця (3x3) повороту вектора}} \cdot \begin{pmatrix} P_{AB_{X_2}} \\ P_{AB_{Y_2}} \\ P_{AB_{Z_2}} \end{pmatrix}.$$

Для визначення «функції повороту вектора» $\rho(r, \alpha, NewLong)$ потрібно вихідний вектор r (рис. 3.3), що лежить у площині XY , повернути на кут α навколо осі Z зі зміною або без зміни його довжини. Координати нового вектора $\rho(r, \alpha, NewLong)$

можна представити наступним виразом:

$$\rho(r, \alpha, NewLong) := \begin{pmatrix} \cos(\alpha) & \cos(90^\circ + \alpha) & 0 \\ \cos(90^\circ - \alpha) & \cos(\alpha) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} r_X \\ r_Y \\ r_Z \end{pmatrix} \cdot \frac{NewLong}{|r|},$$

де r – вихідний вектор, що повертають;

α – кут повороту вихідного вектора. При здійсненні повороту вектора проти годинникової стрілки, значення кута α приймається зі знаком «+», при повороті за годинниковою стрілкою – зі знаком «-».

$NewLong$ – нова довжина вектора.

У виразі перший множник є матрицею повороту (так звана матриця напрямних косинусів), а елементи, що входять до неї, називаються напрямними косинусами координатних осей. Другий множник є вихідним вектором, що повертають, а третій множник – масштабним коефіцієнтом повороту.

На рис. 3.3 графічно показаний поворот вектора r на кут α без зміни його довжини й зі зміною довжини.

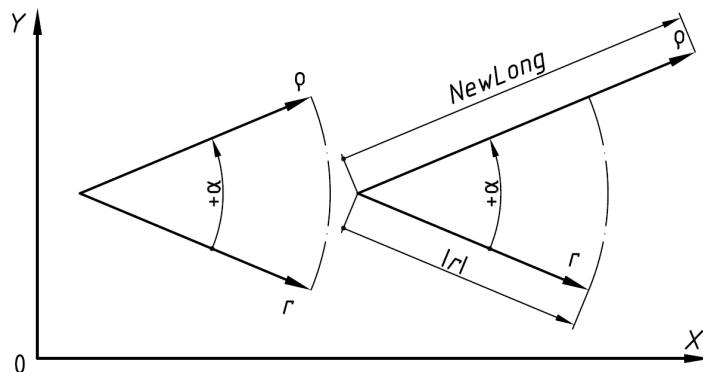


Рис. 3.3. Графічний поворот вектора навколо осі Z (0:=Z):

a – без зміни його довжини; b – зі зміною його довжини

При комп'ютерному моделюванні кінематичних схем 3D механізмів технологічних машин легкої промисловості крім повороту векторів у площині XU навколо осі Z буде здійснюватися поворот векторів у площині YZ навколо осі X та в площині ZX навколо осі Y .

Скориставшись виразом, запишемо вираз для визначення координат вектора P_{AB} [$P_{AB_{X_2}}$; $P_{AB_{Y_2}}$; $P_{AB_{Z_2}}$] при повороті системи координат $X_1Y_1Z_1$ у положення $X_2Y_2Z_2$ навколо осі X_1 (яка в цьому випадку співпадатиме з віссю X_2) на кут α (рис. 5.5):

$$\begin{pmatrix} P_{AB_{X_2}} \\ P_{AB_{Y_2}} \\ P_{AB_{Z_2}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(0^\circ) & \cos(90^\circ) & \cos(90^\circ) \\ \cos(90^\circ) & \cos(\alpha) & \cos(90^\circ - \alpha) \\ \cos(90^\circ) & \cos(90^\circ + \alpha) & \cos(\alpha) \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} P_{AB_{X_1}} \\ P_{AB_{Y_1}} \\ P_{AB_{Z_1}} \end{pmatrix} =$$

$$= \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\alpha) & \cos(90^\circ - \alpha) \\ 0 & \cos(90^\circ + \alpha) & \cos(\alpha) \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} P_{AB_{X_1}} \\ P_{AB_{Y_1}} \\ P_{AB_{Z_1}} \end{pmatrix}$$

матриця (3×3) повороту вектора навколо осі X

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Для визначення проєкцій вектора P_{AB} при його повороті навколо осі X_1 в нерухомій системі координат $X_1Y_1Z_1$ транспонуємо матрицю повороту навколо осі X_1 :

$$\begin{pmatrix} P_{AB_{X_1}} \\ P_{AB_{Y_1}} \\ P_{AB_{Z_1}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\alpha) & \cos(90^\circ + \alpha) \\ 0 & \cos(90^\circ - \alpha) & \cos(\alpha) \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} P_{AB_{X_2}} \\ P_{AB_{Y_2}} \\ P_{AB_{Z_2}} \end{pmatrix}.$$

Так само, скориставшись виразом, запишемо вираз для визначення координат вектора P_{AB} [$P_{AB_{X_2}}$; $P_{AB_{Y_2}}$; $P_{AB_{Z_2}}$] при повороті системи координат $X_1Y_1Z_1$ у положення $X_2Y_2Z_2$ навколо осі Y_1 (яка в цьому випадку співпадатиме з віссю Y_2) на кут α (рис. 3.5):

$$\begin{aligned} \begin{pmatrix} P_{AB_{X_2}} \\ P_{AB_{Y_2}} \\ P_{AB_{Z_2}} \end{pmatrix} &= \begin{pmatrix} \cos(\alpha) & \cos(90^\circ) & \cos(90^\circ + \alpha) \\ \cos(90^\circ) & \cos(0^\circ) & \cos(90^\circ) \\ \cos(90^\circ - \alpha) & \cos(90^\circ) & \cos(\alpha) \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} P_{AB_{X_1}} \\ P_{AB_{Y_1}} \\ P_{AB_{Z_1}} \end{pmatrix} = \\ &= \underbrace{\begin{pmatrix} \cos(\alpha) & 0 & \cos(90^\circ + \alpha) \\ 0 & 1 & 0 \\ \cos(90^\circ - \alpha) & 0 & \cos(\alpha) \end{pmatrix}}_{\text{матриця (3x3) повороту вектора навколо осі Y}} \cdot \begin{pmatrix} P_{AB_{X_1}} \\ P_{AB_{Y_1}} \\ P_{AB_{Z_1}} \end{pmatrix} \end{aligned}$$

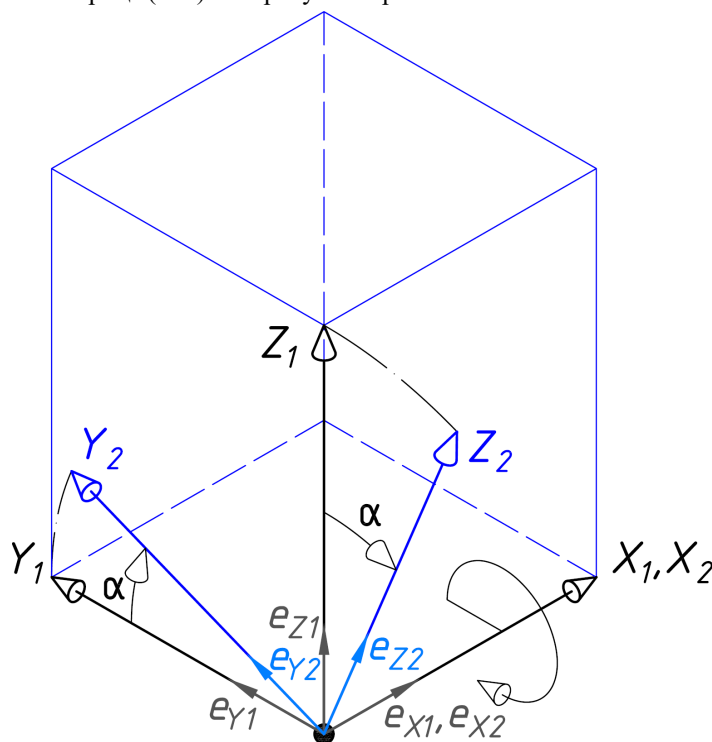


Рис. 3.4. Поворот системи координат $X_1Y_1Z_1$ на кут α у положення $X_2Y_2Z_2$ навколо осі X_1

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

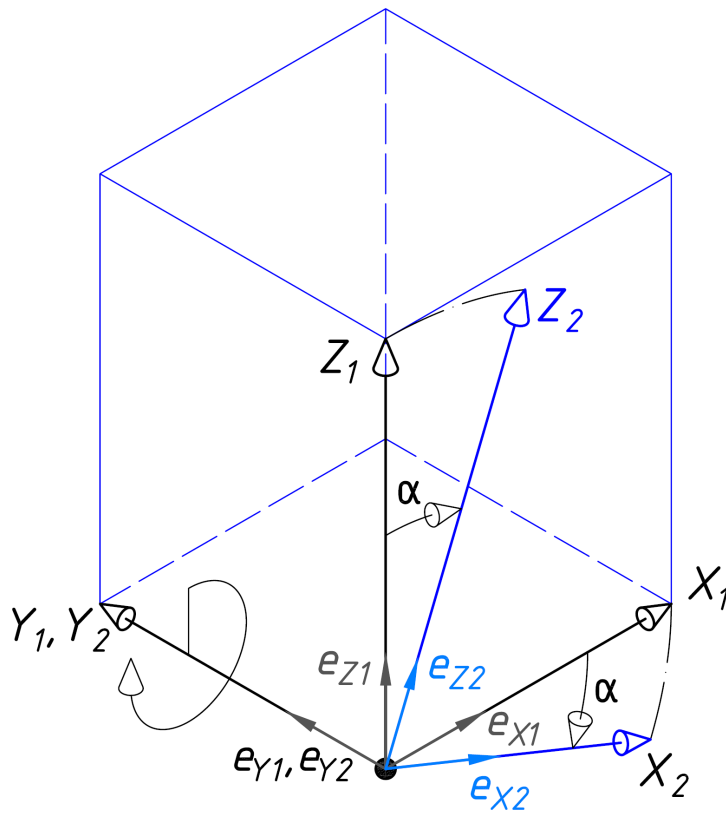


Рис. 3.5. Поворот системи координат $X_1Y_1Z_1$ на кут α у положення $X_2Y_2Z_2$ навколо осі Y_1

Для визначення проєкцій вектора P_{AB} при його повороті навколо осі Y_1 в нерухомій системі координат $X_1Y_1Z_1$ транспонуємо матрицю повороту навколо осі Y_1 :

$$\begin{pmatrix} P_{AB_{X_1}} \\ P_{AB_{Y_1}} \\ P_{AB_{Z_1}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(\alpha) & 0 & \cos(90^\circ - \alpha) \\ 0 & 1 & 0 \\ \cos(90^\circ + \alpha) & 0 & \cos(\alpha) \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} P_{AB_{X_2}} \\ P_{AB_{Y_2}} \\ P_{AB_{Z_2}} \end{pmatrix}.$$

Аналогічно виразу запишемо функцію користувача для повороту вектора ρ навколо осі X :

$$\rho_X(r, \alpha, NewLong) := \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\alpha) & \cos(90^\circ + \alpha) \\ 0 & \cos(90^\circ - \alpha) & \cos(\alpha) \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} r_X \\ r_Y \\ r_Z \end{pmatrix} \cdot \frac{NewLong}{|r|}.$$

Так само запишемо функцію користувача для повороту вектора ρ навколо осі Y :

$$\rho_Y(r, \alpha, NewLong) := \begin{pmatrix} \cos(\alpha) & 0 & \cos(90^\circ - \alpha) \\ 0 & 1 & 0 \\ \cos(90^\circ + \alpha) & 0 & \cos(\alpha) \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} r_X \\ r_Y \\ r_Z \end{pmatrix} \cdot \frac{NewLong}{|r|}.$$

Одиничні орти осей координат позначимо як:

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

$$e_x := \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}; \quad e_y := \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}; \quad e_z := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}.$$

Використовуючи вирази для повороту вектора в різних площинах відносно координатних осей, можна отримати функції положення ланок та характерних точок механізмів, їхні швидкості та прискорення.

Графоаналітичний метод (метод планів швидкостей та прискорень)

Графоаналітичний метод включає в себе: побудову планів положень механізму; визначення швидкостей і прискорень характерних точок або ланок механізму. При графічних побудовах на кресленні зображають довжини ланок, швидкості, прискорення та інші величини у певному масштабі, який характеризується масштабним коефіцієнтом, який визначається як відношення чисельного значення параметру до довжини відрізка на кресленні.

Методика побудови планів швидкостей і прискорень для двоповідкових груп заключається у складанні аналогічних векторних рівнянь для кожної ланки і загальному їх графічному розв'язку.

Графічний метод

Метод кінематичних діаграм – метод чисельного диференціювання і інтегрування заданих функціональних залежностей, що розв'язується аналітично або графічно. Цей чисельний метод застосовується в тих випадках, коли задані функції неможливо проінтегрувати аналітично у загальному вигляді. При кінематичному дослідженні механізмів часто необхідно проводити це дослідження за повний цикл руху, для чого аналітично чи графічно досліджуються переміщення, швидкості і прискорення для ряду положень механізму, достатньо близько відстаючих один від одного. Отримані значення кінематичних величин можуть бути зведені в таблиці або побудовані на графіках, що носять назву кінематичних діаграм. Циклом називається період часу або зміни узагальненої координати, ви завершенню якого всі параметри системи займають початкове положення. Тому значення величин на початку і в кінці циклу однакові. В залежності від характеру руху досліджуваних ланок або окремих точок механізму можуть бути побудовані і різні кінематичні діаграми.

РОЗДІЛ 4. КІНЕМАТИЧНИЙ АНАЛІЗ МЕХАНІЗМУ ПЕТЕЛЬНИКІВ ШВЕЙНОЇ МАШИНИ 51 КЛАСУ

4.1 Функції положення механізму

При виконанні кінематичного аналізу механізму вхідними даними є:

Абсциса кінематичної пари 1:	$X_1 = 0$ мм
Ордината кінематичної пари 1:	$Y_1 = 0$ мм
Апліката кінематичної пари 1:	$Z_1 = 0$ мм
Довжина кривошипа 1-2:	$L_{1-2} = 9$ мм
Початкове положення кривошипа 1-2:	$\varphi_0 = 0^0$
Кутова швидкість кривошипа 1-2:	$\omega_1 = -366.52$ с ⁻¹
Напрямок обертання кривошипа:	$Rot_1 = -1$
Кутове прискорення кривошипа:	$\varepsilon_1 = 0$ с ⁻²
Довжина шатуна 2-3:	$L_{2-3} = 27$ мм
Довжина коромисла 3-4:	$L_{3-4} = 27$ мм
Варіант складання діади 2-3-4:	$W_1 = -1$
Абсциса кінематичної пари 4:	$X_4 = 25.5$ мм
Ордината кінематичної пари 4:	$Y_4 = -27$ мм
Апліката кінематичної пари 4:	$Z_1 = 0$ мм
Довжина відростка коромисла 5-7:	$L_{5-7} = 70$ мм
Абсциса кінематичної пари 5:	$X_5 = 25.5$ мм
Ордината кінематичної пари 5:	$Y_5 = -27$ мм
Апліката кінематичної пари 5:	$Z_5 = 10$ мм
Кут, що визначає положення відростка 5-7:	$U_{3-5-7} = 235^0$
Довжина плеча коромисла 6-8:	$L_{6-8} = 33$ мм
Абсциса кінематичної пари 6:	$X_6 = 25.5$ мм
Ордината кінематичної пари 6:	$Y_6 = -27$ мм
Апліката кінематичної пари 6:	$Z_6 = 15$ мм
Кут, що визначає положення плеча 6-8:	$U_{3-6-8} = 200^0$
Абсциса кінематичної пари 10:	$X_{10} = 75.5$ мм
Ордината кінематичної пари 10:	$Y_{10} = -33$ мм
Апліката кінематичної пари 10:	$Z_{10} = 15$ мм
Довжина шатуна 8-9:	$L_{8-9} = 19$ мм
Довжина коромисла 9-10:	$L_{9-10} = 25.5$ мм
Варіант складання двоповідкової групи 8-9-10:	$W_2 = +1$
Довжина відростка коромисла 10-11:	$L_{10-11} = 50$ мм
Кут, що визначає положення відростка 10-11:	$U_{9-10-11} = -20^0$
Кількість положень механізму:	$N_{POL} = 12$

Механізм петельників складається з просторового кривошипно-коромислового механізму, який містить кривошип 1-2, який обертається проти годинникової стрілки (якщо дивитися з боку кривошипа). До кривошипа 1-2 приєднана двоповодкова група 2-3-4, яка складається з шатуна 2-3 та коромисла 3-4. Кривошип 1-2 та коромисло 3-4 рухаються в двох взаємоперпендикулярних площинах; вісь коливання коромисла 3-4 перехрещується з віссю обертання

					БДП.51.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

кривошипа 1-2 під прямим кутом. Кінематичні пари кривошип 1-2-шатун 2-3 (точка 2) та шатун 2-3-коромисло 3-4 (точка 3) є сферичними кінематичними парами. Коромисло 3-4 виконано триплечим. Друге плече 5-7 є тримачем верхнього петельника. Третє плече 6-8 з'єднане з двоповодковою групою Асура 8-9-10, яка складається із шатуна 8-9 та коромисла 9-10-11. Коромисло 9-10-11 є тримачем нижнього петельника. Друге плече 5-7, третє плече 6-8, шатун 8-9 та коромисло 9-10-11 рухаються в паралельних площинах. Кінематичні пари, утворені відповідно третім плечем 6-8 та шатуном 8-9 і шатуном 8-9 та коромислом 9-10-11 є нижчими обертальними кінематичними парами.

При кінематичному аналізі просторового механізму петельників швейної обметувальної машини 51 кл. прийемо такі напрямки осей системи координат (рис. 4.1): вісь X направлена вздовж осі головного валу від кривошипа механізму петельників до махового колеса, вісь Y направлена вертикально вгору, а вісь Z направлена на робочого вздовж осі коливання коромисла 3-4. 3D механізм зображаємо у вигляді з'єднаних між собою ланок. Самі ж ланки при створенні математичної моделі механізму зображаємо у вигляді направлених векторів.

Поворот кривошипа здійснюється за годинниковою стрілкою якщо дивитися з кінця осі X ; кут повороту відраховується від осі Y .

Використовуючи вираз , визначаємо вектор-ланку кривошип P_{1-2} :

$$P_{1-2}(\varphi_1) := \text{Turn}(e_Z, e_X, \varphi_1, L_{1-2}),$$

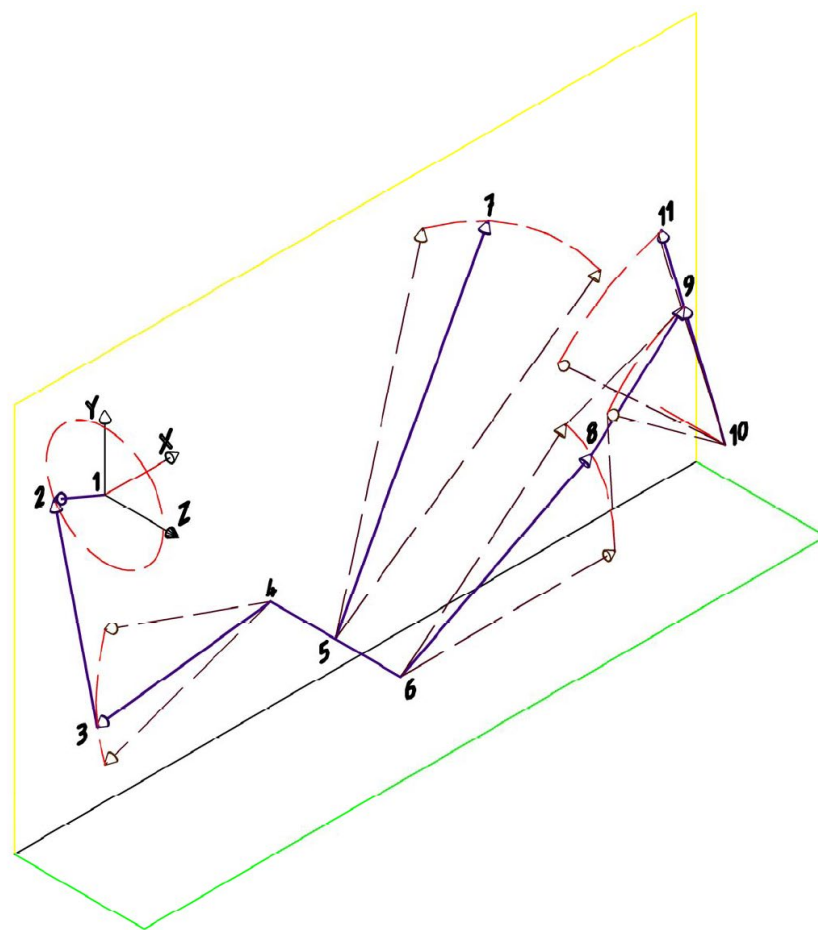


Рис. 4.1. Розрахункова схема просторового механізму петельників швейної машини 51 класу

					БДП.51.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Визначаємо вектори-стовпчики стояків P_1, P_4, P_5, P_6 та P_{10} :

$$P_1 := \begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{pmatrix}; P_4 := \begin{pmatrix} X_4 \\ Y_4 \\ Z_4 \end{pmatrix}; P_5 := \begin{pmatrix} X_5 \\ Y_5 \\ Z_5 \end{pmatrix}; P_6 := \begin{pmatrix} X_6 \\ Y_6 \\ Z_6 \end{pmatrix}; P_{10} := \begin{pmatrix} X_{10} \\ Y_{10} \\ Z_{10} \end{pmatrix}.$$

Координати точки P_2 кінематичної пари «кривошип-шатун» визначаємо як суму вектора-точки P_1 та вектора ланки P_{1-2} :

$$P_2(\varphi_1) := P_1 + P_{1-2}(\varphi_1),$$

Визначаємо вектор-ланку змінної величини P_{4-2} як різницю векторів-точок P_2 та P_4 :

$$P_{4-2}(\varphi_1) := P_2(\varphi_1) - P_4.$$

Визначаємо вектор-ланку коромисла P_{4-3} з використання функції користувача:

$$P_{4-3}(\varphi_1) := P_{4-33D}(P_{4-2}(\varphi_1), L_{2-3}, L_{3-4}, W_1).$$

Координати точки P_3 кінематичної пари «коромисло-шатун» визначаємо як суму вектора-точки P_4 та вектора ланки P_{4-3} :

$$P_3(\varphi_1) := P_4 + P_{4-3}(\varphi_1).$$

Визначаємо вектор-ланку змінної величини P_{2-3} як різницю векторів-точок P_3 та P_2 :

$$P_{2-3}(\varphi_1) := P_3(\varphi_1) - P_2(\varphi_1).$$

Вектор-ланку P_{5-7} , яка є другим плечем коромисла 3-4, визначаємо за допомогою функції користувача 2D повороту вектора:

$$P_{5-7}(\varphi_1) := \rho(P_{4-3}(\varphi_1), U_{3-5-7}, L_{5-7}),$$

де U_{3-5-7} – кут між плечима коромисла 3-4 та 5-7 у площині руху коромисла;
 L_{5-7} – довжина відростка коромисла 5-7.

Координати точки P_7 – носика верхнього петельника визначаємо як суму вектора-точки P_5 та вектора ланки P_{5-7} :

$$P_7(\varphi_1) := P_5 + P_{5-7}(\varphi_1).$$

Так само визначаємо координати точки P_8 . Спочатку визначаємо вектор-ланку P_{5-7} , яка є відростком коромисла 3-4, за допомогою функції користувача 2D повороту вектора:

$$P_{6-8}(\varphi_1) := \rho(P_{4-3}(\varphi_1), U_{3-6-8}, L_{6-8}),$$

де U_{3-6-8} – кут між плечима коромисла 3-4 та 6-8 у площині руху коромисла;
 L_{6-8} – довжина плеча коромисла 6-8.

Координати точки P_8 – кінематичної пари «коромисло-шатун» визначаються як сума вектора-точки P_6 та вектора ланки P_{6-8} :

$$P_8(\varphi_1) := P_6 + P_{6-8}(\varphi_1),$$

Функцію положення вектора змінної довжини P_{10-8} визначаємо як різницю векторів-точок P_8 та P_{10} :

$$P_{10-8}(\varphi_1) := P_8(\varphi_1) - P_{10}.$$

Визначаємо змінний кут U_{8-10-9} між векторами-ланками P_{10-8} та P_{10-9} :

$$U_{8-10-9}(\varphi_1) := T \cos(\|P_{10-8}(\varphi_1)\|, L_{9-10}, L_{8-9}),$$

де $T \cos(\|P_{10-8}(\varphi_1)\|, L_{9-10}, L_{8-9})$ – функція користувача для 2D повороту вектора;
 L_{9-10} – довжина коромисла 9-10; L_{8-9} – довжина шатуна 8-9.

					БДП.51.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Вектор функції положення коромисла 9-10 (вектор-ланка P_{10-9}):

$$P_{10-9}(\varphi_1) := \rho(P_{10-8}(\varphi_1), -W_2 \cdot U_{8-10-9}(\varphi_1), L_{9-10}),$$

де W_2 – параметр, який визначає варіант складання двоповодкової групи 8-9-10. Він може приймати значення +1 та -1. Знак параметру W_2 вибирається за таким правилом: якщо дивитися з вершини осі Z обхід двоповодкової групи 8-9-10 від точки 8 через точку 9 в точку 10 виконується за годинниковою стрілкою, то параметр $W_2 = +1$, якщо ж проти годинникової стрілки – $W_2 = -1$.

Функцію положення кінематичної пари «шатун 8-9» та «коромисло 9-10» визначаємо як вектор-точку P_9 , тобто як суму вектора-точки P_{10} та вектора-ланки коромисла P_{10-9} :

$$P_9(\varphi_1) := P_{10} + P_{10-9}(\varphi_1).$$

Вектор функцію положення шатуна (вектор-ланка P_{8-9}) визначаємо як різницю векторів-точок P_9 та P_8 :

$$P_{8-9}(\varphi_1) := P_9(\varphi_1) - P_8(\varphi_1),$$

Вектор-ланку P_{10-11} , яка є відростком коромисла 9-10, визначаємо за допомогою функції користувача 2D повороту вектора:

$$P_{10-11}(\varphi_1) := \rho(P_{10-9}(\varphi_1), U_{9-10-11}, L_{10-11}),$$

де $U_{9-10-11}$ – кут між плечима коромисла 9-10 та 10-11 у площині руху коромисла; L_{10-11} – довжина відростка коромисла 10-11.

Координати точки P_{11} – носика нижнього петельника визначаємо як суму вектора-точки P_{10} та вектора ланки P_{10-11} :

$$P_{11}(\varphi_1) := P_{10} + P_{10-11}(\varphi_1).$$

Таким чином, геометричний аналіз просторового механізму петельників швейної машини краєобметувального стібка 51 кл. виконаний.

Для перевірки правильності геометричного аналізу виконаємо візуалізацію та анімацію кінематичної схеми механізму. *MathCAD* має можливість створення 3D графіків. Однак створення 3D візуалізації та анімації має ряд своїх особливостей.

Для проведення анімації кінематичних схем важільних 3D механізмів так само як і для анімації кінематичних схем 2D механізмів потрібно деякій допоміжній ранжируваній змінній F присвоїти значення вбудованої в *MathCAD* змінної *FRAME*:

$$F := Rot_1 \cdot FRAME \cdot 10^\circ + \varphi_0,$$

де φ_0 – початковий кут установки кривошипа.

Rot_1 – параметр, що управляє напрямком повороту кривошипа. Для прийнятої системи координат, якщо дивитися на вісь X з її кінця, то додатний напрямок повороту буде від осі Y до осі Z проти годинникової стрілки. Але, якщо дивитися на вісь X з боку кривошипа, його обертання здійснюється проти годинникової стрілки, що відповідає його повороту від осі Y до осі Z за годинниковою стрілкою. Тому в цьому випадку параметр $Rot_1 = -1$.

Вочевидь, візуалізацію та анімацію кінематичної схеми механізму доцільно здійснювати на 3D графіку. Для цього потрібно сформулювати вектор, елементи якого є векторами точок механізму, які вводяться у послідовності, що відповідає безперервному обходу всіх характерних точок важільного механізму, тобто:

					БДП.51.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

$$L(F, K) := \text{stack}(P_{0_K}, P_{1_K}, P_2(F)_K, P_3(F)_K, P_{4_K}, P_{5_K}, P_7(F)_K, P_{5_K}, P_{6_K}, P_8(F)_K, P_9(F)_K, P_{10_K}, P_{11}(F)_K)$$

де *stack* – вбудована в *MathCAD* матрична функція для отримання матриці, яка сформована злиттям матриць-аргументів зверху вниз (матриці-аргументи записані у круглих дужках через кому).

Вираз для здійснення анімації механізму розміщують по осі 3D графіка, замінюючи при цьому параметр *K* на значення *X*, *Y* та *Z*. На рис. 4.2 представлена візуалізація кінематичної схеми просторового механізму петельників швейної машини обметувального стібка 51 кл.

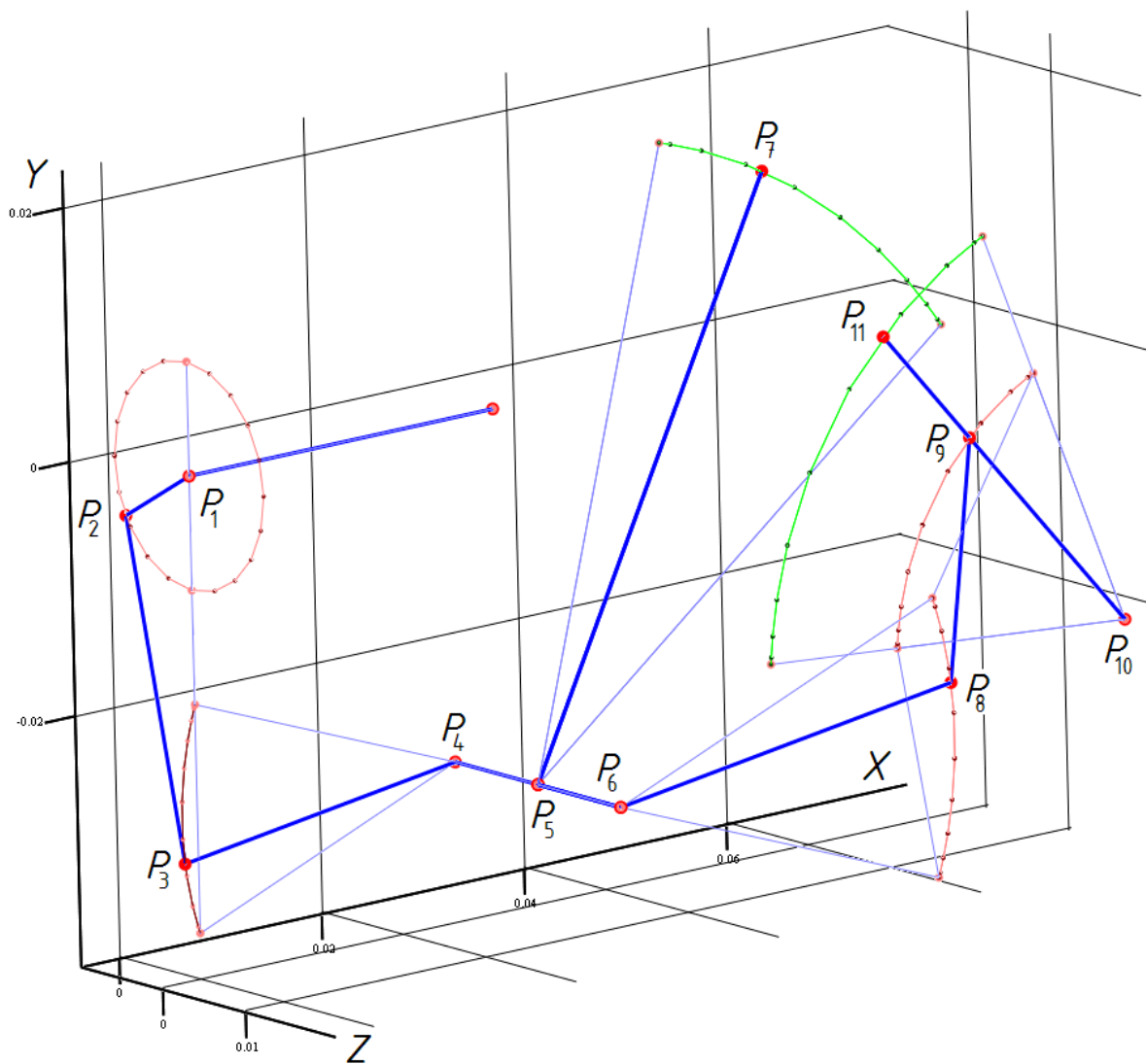


Рис. 4.2. Візуалізація кінематичної схеми просторового механізму петельників швейної машини обметувального стібка 51 класу

Визначення функцій кутів повороту рухомих лнок механізму

Визначаємо функцію кута φ_{2-3} повороту шатуна P_{2-3} залежно від кута φ_1 повороту кривошипа 1-2:

$$\varphi_{2-3}(\varphi_1) := \text{atan2}(P_{2-3}(\varphi_1)_X, P_{2-3}(\varphi_1)_Y) \cdot \text{deg}^{-1}$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Визначаємо функцію кута φ_{4-3} повороту коромисла P_{4-3} залежно від кута φ_1 повороту кривошипа 1-2:

$$\varphi_{4-3}(\varphi_1) := \text{atan2}(P_{4-3}(\varphi_1)_X, P_{4-3}(\varphi_1)_Y) \cdot \text{deg}^{-1}$$

Визначаємо функцію кута φ_{5-7} повороту коромисла P_{5-7} залежно від кута φ_1 повороту кривошипа 1-2:

$$\varphi_{5-7}(\varphi_1) := \text{atan2}(P_{5-7}(\varphi_1)_X, P_{5-7}(\varphi_1)_Y) \cdot \text{deg}^{-1}$$

Визначаємо функцію кута φ_{6-8} повороту коромисла P_{6-8} залежно від кута φ_1 повороту кривошипа 1-2:

$$\varphi_{6-8}(\varphi_1) := \text{atan2}(P_{6-8}(\varphi_1)_X, P_{6-8}(\varphi_1)_Y) \cdot \text{deg}^{-1}$$

Визначаємо функцію кута φ_{10-9} повороту коромисла P_{10-9} залежно від кута φ_1 повороту кривошипа 1-2:

$$\varphi_{10-9}(\varphi_1) := \text{atan2}(P_{10-9}(\varphi_1)_X, P_{10-9}(\varphi_1)_Y) \cdot \text{deg}^{-1}$$

Визначаємо функцію кута φ_{8-9} повороту шатуна P_{8-9} залежно від кута φ_1 повороту кривошипа 1-2:

$$\varphi_{8-9}(\varphi_1) := \text{atan2}(P_{8-9}(\varphi_1)_X, P_{8-9}(\varphi_1)_Y) \cdot \text{deg}^{-1}$$

Визначаємо функцію кута φ_{10-11} повороту коромисла P_{10-11} залежно від кута φ_1 повороту кривошипа 1-2:

$$\varphi_{10-11}(\varphi_1) := \text{atan2}(P_{10-11}(\varphi_1)_X, P_{10-11}(\varphi_1)_Y) \cdot \text{deg}^{-1}$$

4.2 Функції швидкостей механізму

Визначення векторів функцій аналогів лінійних швидкостей точок

Визначаємо вектор функції аналога лінійної швидкості точки 3 відносно точки 2 вектора-ланки P_{2-3} :

$$V_{a_{2-3}}(\varphi_1) := r'(P_{2-3}, \varphi_1)$$

Визначаємо вектор функції аналога лінійної швидкості точки 3 відносно точки 4 вектора-ланки P_{4-3} :

$$V_{a_{4-3}}(\varphi_1) := r'(P_{4-3}, \varphi_1)$$

Визначаємо вектор функції аналога лінійної швидкості точки 7 відносно точки 5 вектора-ланки P_{5-7} :

$$V_{a_{5-7}}(\varphi_1) := r'(P_{5-7}, \varphi_1)$$

Визначаємо вектор функції аналога лінійної швидкості точки 8 відносно точки 6 вектора-ланки P_{6-8} :

$$V_{a_{6-8}}(\varphi_1) := r'(P_{6-8}, \varphi_1)$$

Визначаємо вектор функції аналога лінійної швидкості точки 9 відносно точки 10 вектора-ланки P_{10-9} :

$$V_{a_{10-9}}(\varphi_1) := r'(P_{10-9}, \varphi_1)$$

Визначаємо вектор функції аналога лінійної швидкості точки 9 відносно точки

					БДП.51.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

8 вектора-ланки P_{8-9} :

$$V_{a_{8_9}}(\varphi_1) := r'(P_{8_9}, \varphi_1)$$

Визначаємо вектор функції аналога лінійної швидкості точки 11 відносно точки 10 вектора-ланки P_{10-11} :

$$V_{a_{10_11}}(\varphi_1) := r'(P_{10_11}, \varphi_1)$$

Визначення векторів функцій аналогів кутових швидкостей векторів-ланок

Визначаємо вектор функції аналога кутової швидкості вектора-ланки P_{2-3} :

$$\omega_{a_{2_3}}(\varphi_1) := \omega_a(P_{2_3}(\varphi_1), V_{a_{2_3}}(\varphi_1))$$

Визначаємо вектор функції аналога кутової швидкості вектора-ланки P_{4-3} :

$$\omega_{a_{4_3}}(\varphi_1) := \omega_a(P_{4_3}(\varphi_1), V_{a_{4_3}}(\varphi_1))$$

Визначаємо вектор функції аналога кутової швидкості вектора-ланки P_{5-7} :

$$\omega_{a_{5_7}}(\varphi_1) := \omega_a(P_{5_7}(\varphi_1), V_{a_{5_7}}(\varphi_1))$$

Визначаємо вектор функції аналога кутової швидкості вектора-ланки P_{6-8} :

$$\omega_{a_{6_8}}(\varphi_1) := \omega_a(P_{6_8}(\varphi_1), V_{a_{6_8}}(\varphi_1))$$

Визначаємо вектор функції аналога кутової швидкості вектора-ланки P_{10-9} :

$$\omega_{a_{10_9}}(\varphi_1) := \omega_a(P_{10_9}(\varphi_1), V_{a_{10_9}}(\varphi_1))$$

Визначаємо вектор функції аналога кутової швидкості вектора-ланки P_{8-9} :

$$\omega_{a_{8_9}}(\varphi_1) := \omega_a(P_{8_9}(\varphi_1), V_{a_{8_9}}(\varphi_1))$$

Визначаємо вектор функції аналога кутової швидкості вектора-ланки P_{10-11} :

$$\omega_{a_{10_11}}(\varphi_1) := \omega_a(P_{10_11}(\varphi_1), V_{a_{10_11}}(\varphi_1))$$

Визначення векторів функцій дійсних кутових швидкостей векторів-ланок

Визначаємо вектор функції дійсної кутової швидкості вектора лнки P_{2-3} :

$$\omega_{2_3}(\varphi_1) := \omega_{a_{2_3}}(\varphi_1) \cdot \omega_1$$

Визначаємо вектор функції дійсної кутової швидкості вектор-ланки P_{4-3} :

$$\omega_{4_3}(\varphi_1) := \omega_{a_{4_3}}(\varphi_1) \cdot \omega_1$$

Визначаємо вектор функції дійсної кутової швидкості вектора лнки P_{5-7} :

$$\omega_{5_7}(\varphi_1) := \omega_{a_{5_7}}(\varphi_1) \cdot \omega_1$$

Визначаємо вектор функції дійсної кутової швидкості вектор-ланки P_{6-8} :

$$\omega_{6_8}(\varphi_1) := \omega_{a_{6_8}}(\varphi_1) \cdot \omega_1$$

Визначаємо вектор функції дійсної кутової швидкості вектора лнки P_{10-9} :

$$\omega_{10_9}(\varphi_1) := \omega_{a_{10_9}}(\varphi_1) \cdot \omega_1$$

Визначаємо вектор функції дійсної кутової швидкості вектор-ланки P_{8-9} :

$$\omega_{8_9}(\varphi_1) := \omega_{a_{8_9}}(\varphi_1) \cdot \omega_1$$

Визначаємо вектор функції дійсної кутової швидкості вектора лнки P_{10-11} :

$$\omega_{10_11}(\varphi_1) := \omega_{a_{10_11}}(\varphi_1) \cdot \omega_1$$

					БДП.51.00.00.ПЗ	Аркуш
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		33

Визначасмо вектори функцій лінійних швидкостей характерних точок мехнізму

$$V_2(\varphi_1) := r'(P_2, \varphi_1) \cdot \omega_1$$

$$V_3(\varphi_1) := r'(P_3, \varphi_1) \cdot \omega_1$$

$$V_7(\varphi_1) := r'(P_7, \varphi_1) \cdot \omega_1$$

$$V_8(\varphi_1) := r'(P_8, \varphi_1) \cdot \omega_1$$

$$V_9(\varphi_1) := r'(P_9, \varphi_1) \cdot \omega_1$$

$$V_{11}(\varphi_1) := r'(P_{11}, \varphi_1) \cdot \omega_1$$

4.3 Функції прискорень мехнізму

Визначення векторів аналогів функцій тангенціальних прискорень точок

Визначаємо вектор аналога функції тангенціального прискорення точки 3 відносно точки 2:

$$A_{a_2_3}(\varphi_1) := r''(P_{2_3}, \varphi_1)$$

Визначаємо вектор аналога функцій тангенціального прискорення точки 3 відносно точки 4:

$$A_{a_4_3}(\varphi_1) := r''(P_{4_3}, \varphi_1)$$

Визначаємо вектор аналога функції тангенціального прискорення точки 7 відносно точки 5:

$$A_{a_5_7}(\varphi_1) := r''(P_{5_7}, \varphi_1)$$

Визначаємо вектор аналога функцій тангенціального прискорення точки 8 відносно точки 6:

$$A_{a_6_8}(\varphi_1) := r''(P_{6_8}, \varphi_1)$$

Визначаємо вектор аналога функції тангенціального прискорення точки 9 відносно точки 10:

$$A_{a_10_9}(\varphi_1) := r''(P_{10_9}, \varphi_1)$$

Визначемо вектор аналога функцій тангенціального прискорення точки 9 відносно точки 8:

$$A_{a_8_9}(\varphi_1) := r''(P_{8_9}, \varphi_1)$$

Визначаємо вектор аналога функції тангенціального прискорення точки 11 відносно точки 10:

$$A_{a_10_11}(\varphi_1) := r''(P_{10_11}, \varphi_1)$$

Визначення векторів функцій аналогів кутових прискорень векторів-ланок

Визначаємо вектор функції аналога кутового прискорення вектора-ланки P₂₋₃:

					БДП.51.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

$$\epsilon_{a_{2_3}}(\varphi_1) := \epsilon_a(P_{2_3}(\varphi_1), A_{a_{2_3}}(\varphi_1))$$

Визначаємо вектор функції аналога кутового прискорення вектора-ланки P₄₋₃:

$$\epsilon_{a_{4_3}}(\varphi_1) := \epsilon_a(P_{4_3}(\varphi_1), A_{a_{4_3}}(\varphi_1))$$

Визначаємо вектор функції аналога кутового прискорення вектора-ланки P₅₋₇:

$$\epsilon_{a_{5_7}}(\varphi_1) := \epsilon_a(P_{5_7}(\varphi_1), A_{a_{5_7}}(\varphi_1))$$

Визначаємо вектор функції аналога кутового прискорення вектора-ланки P₆₋₈:

$$\epsilon_{a_{6_8}}(\varphi_1) := \epsilon_a(P_{6_8}(\varphi_1), A_{a_{6_8}}(\varphi_1))$$

Визначаємо вектор функції аналога кутового прискорення вектор-ланки P₁₀₋₉:

$$\epsilon_{a_{10_9}}(\varphi_1) := \epsilon_a(P_{10_9}(\varphi_1), A_{a_{10_9}}(\varphi_1))$$

Визначаємо вектор функції аналога кутового прискорення вектора-ланки P₈₋₉:

$$\epsilon_{a_{8_9}}(\varphi_1) := \epsilon_a(P_{8_9}(\varphi_1), A_{a_{8_9}}(\varphi_1))$$

Визначаємо вектор функції аналога кутового прискорення вектор-ланки P₁₀₋₁₁:

$$\epsilon_{a_{10_{11}}}(\varphi_1) := \epsilon_a(P_{10_{11}}(\varphi_1), A_{a_{10_{11}}}(\varphi_1))$$

Визначення векторів функцій дійсних кутових прискорень векторів-ланок

Визначаємо вектор функції дійсного кутового прискорення вектор-ланки P₂₋₃:

$$\epsilon_{2_3}(\varphi_1) := \epsilon_{a_{2_3}}(\varphi_1) \cdot \omega_1^2 + \omega_{a_{2_3}}(\varphi_1) \cdot \epsilon_1$$

Визначаємо вектор функції дійсного кутового прискорення вектор-ланки P₄₋₃:

$$\epsilon_{4_3}(\varphi_1) := \epsilon_{a_{4_3}}(\varphi_1) \cdot \omega_1^2 + \omega_{a_{4_3}}(\varphi_1) \cdot \epsilon_1$$

Визначаємо вектор функції дійсного кутового прискорення вектор-ланки P₅₋₇:

$$\epsilon_{5_7}(\varphi_1) := \epsilon_{a_{5_7}}(\varphi_1) \cdot \omega_1^2 + \omega_{a_{5_7}}(\varphi_1) \cdot \epsilon_1$$

Визначаємо вектор функції дійсного кутового прискорення вектор-ланки P₆₋₈:

$$\epsilon_{6_8}(\varphi_1) := \epsilon_{a_{6_8}}(\varphi_1) \cdot \omega_1^2 + \omega_{a_{6_8}}(\varphi_1) \cdot \epsilon_1$$

Визначаємо вектор функції дійсного кутового прискорення вектор-ланки P₁₀₋₉:

$$\epsilon_{10_9}(\varphi_1) := \epsilon_{a_{10_9}}(\varphi_1) \cdot \omega_1^2 + \omega_{a_{10_9}}(\varphi_1) \cdot \epsilon_1$$

Визначаємо вектор функції дійсного кутового прискорення вектор-ланки P₈₋₉:

$$\epsilon_{8_9}(\varphi_1) := \epsilon_{a_{8_9}}(\varphi_1) \cdot \omega_1^2 + \omega_{a_{8_9}}(\varphi_1) \cdot \epsilon_1$$

Визначаємо вектор функції дійсного кутового прискорення вектор-ланки P₁₀₋₁₁:

$$\epsilon_{10_{11}}(\varphi_1) := \epsilon_{a_{10_{11}}}(\varphi_1) \cdot \omega_1^2 + \omega_{a_{10_{11}}}(\varphi_1) \cdot \epsilon_1$$

Визначаємо вектори функцій лінійних прискорень хрктерних точок механізму

$$A_2(\varphi_1) := r''(P_2, \varphi_1) \cdot \omega_1^2 + r'(P_2, \varphi_1) \cdot \epsilon_1$$

$$A_3(\varphi_1) := r''(P_3, \varphi_1) \cdot \omega_1^2 + r'(P_3, \varphi_1) \cdot \epsilon_1$$

$$A_7(\varphi_1) := r''(P_7, \varphi_1) \cdot \omega_1^2 + r'(P_7, \varphi_1) \cdot \epsilon_1$$

$$A_8(\varphi_1) := r''(P_8, \varphi_1) \cdot \omega_1^2 + r'(P_8, \varphi_1) \cdot \epsilon_1$$

$$A_9(\varphi_1) := r''(P_9, \varphi_1) \cdot \omega_1^2 + r'(P_9, \varphi_1) \cdot \varepsilon_1$$

$$A_{11}(\varphi_1) := r''(P_{11}, \varphi_1) \cdot \omega_1^2 + r'(P_{11}, \varphi_1) \cdot \varepsilon_1$$

4.4 Результати розрахунків

Кут кривошипа	Функції положень, мм					
	P ₂ X	P ₂ Y	P ₃ X	P ₃ Y	P ₇ X	P ₇ Y
0	0.00	-4.50	-1.30	-30.32	58.30	34.84
30	0.00	-7.79	-0.46	-34.41	48.37	39.16
60	0.00	-9.00	0.04	-36.00	44.24	40.44
90	0.00	-7.79	-0.46	-34.41	48.37	39.16
120	0.00	-4.50	-1.30	-30.32	58.30	34.84
150	0.00	-0.00	-1.45	-25.41	68.95	27.88
180	0.00	4.50	-0.90	-21.33	76.79	20.64
210	0.00	7.79	-0.23	-18.83	81.12	15.50
240	0.00	9.00	0.04	-18.00	82.47	13.68
270	0.00	7.79	-0.23	-18.83	81.12	15.50
300	0.00	4.50	-0.90	-21.33	76.79	20.64
330	0.00	0.00	-1.45	-25.41	68.95	27.88
360	0.00	-4.50	-1.30	-30.32	58.30	34.84

Кут кривошипа	Функції положень, мм					
	P ₈ X	P ₈ Y	P ₉ X	P ₉ Y	P ₁₁ X	P ₁₁ Y
0	54.89	-11.99	73.37	-7.59	88.62	15.25
30	52.22	-7.63	71.22	-7.86	84.47	16.19
60	50.97	-6.02	69.86	-8.13	81.78	16.60
90	52.22	-7.63	71.22	-7.86	84.47	16.19
120	54.89	-11.99	73.37	-7.59	88.62	15.25
150	57.12	-17.55	73.30	-7.60	88.48	15.28
180	58.19	-22.47	70.50	-8.00	83.05	16.43
210	58.47	-25.63	67.36	-8.84	76.70	16.99
240	58.50	-26.70	66.12	-9.29	74.11	16.98
270	58.47	-25.63	67.36	-8.84	76.70	16.99
300	58.19	-22.47	70.50	-8.00	83.05	16.43
330	57.12	-17.55	73.30	-7.60	88.48	15.28
360	54.89	-11.99	73.37	-7.59	88.62	15.25

Кут кривошипа	Функції швидкостей, м/сек					
	V ₂ X	V ₂ Y	V ₃ X	V ₃ Y	V ₇ X	V ₇ Y
0	0.00	-2.86	0.42	-3.38	-7.79	4.13
30	0.00	-1.65	0.61	-2.14	-5.46	1.89
60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
90	0.00	1.65	-0.61	2.14	5.46	-1.89
120	0.00	2.86	-0.42	3.38	7.79	-4.13
150	0.00	3.30	0.19	3.29	6.69	-5.30
180	0.00	2.86	0.50	2.34	4.23	-4.55
210	0.00	1.65	0.37	1.16	1.92	-2.51
240	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
270	0.00	-1.65	-0.37	-1.16	-1.92	2.51
300	0.00	-2.86	-0.50	-2.34	-4.23	4.55
330	0.00	-3.30	-0.19	-3.29	-6.69	5.30
360	0.00	-2.86	0.42	-3.38	-7.79	4.13

Кут кривошипа	Функції швидкостей, м/сек					
	V ₈ X	V ₈ Y	V ₉ X	V ₉ Y	V ₁₁ X	V ₁₁ Y
0	-1.89	3.70	-0.99	-0.08	-1.88	0.51
30	-1.60	2.21	-1.63	-0.28	-3.19	0.58
60	0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
90	1.60	-2.21	1.63	0.28	3.19	-0.58
120	1.89	-3.70	0.99	0.08	1.88	-0.51
150	1.15	-3.86	-1.16	-0.10	-2.20	0.59
180	0.40	-2.90	-2.44	-0.49	-4.81	0.73
210	0.06	-1.49	-1.68	-0.57	-3.48	0.08
240	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
270	-0.06	1.49	1.68	0.57	3.48	-0.08
300	-0.40	2.90	2.44	0.49	4.81	-0.73
330	-1.15	3.86	1.16	0.10	2.20	-0.59
360	-1.89	3.70	-0.99	-0.08	-1.88	0.51

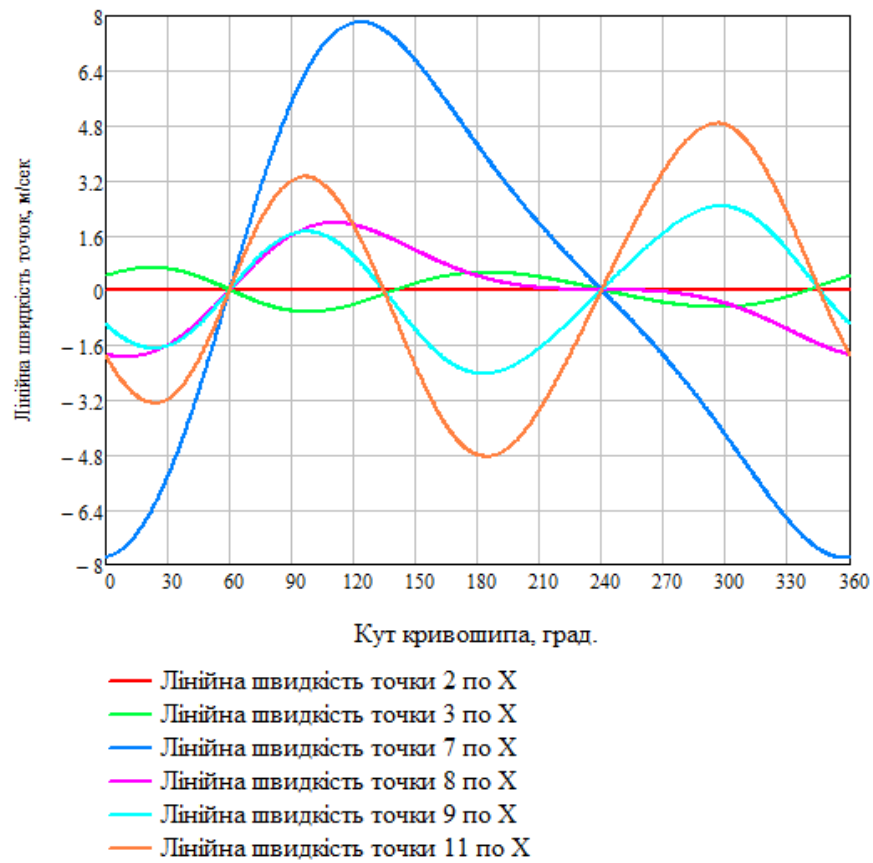


Рис. 4.3. Графік лінійних швидкостей точок по осі X

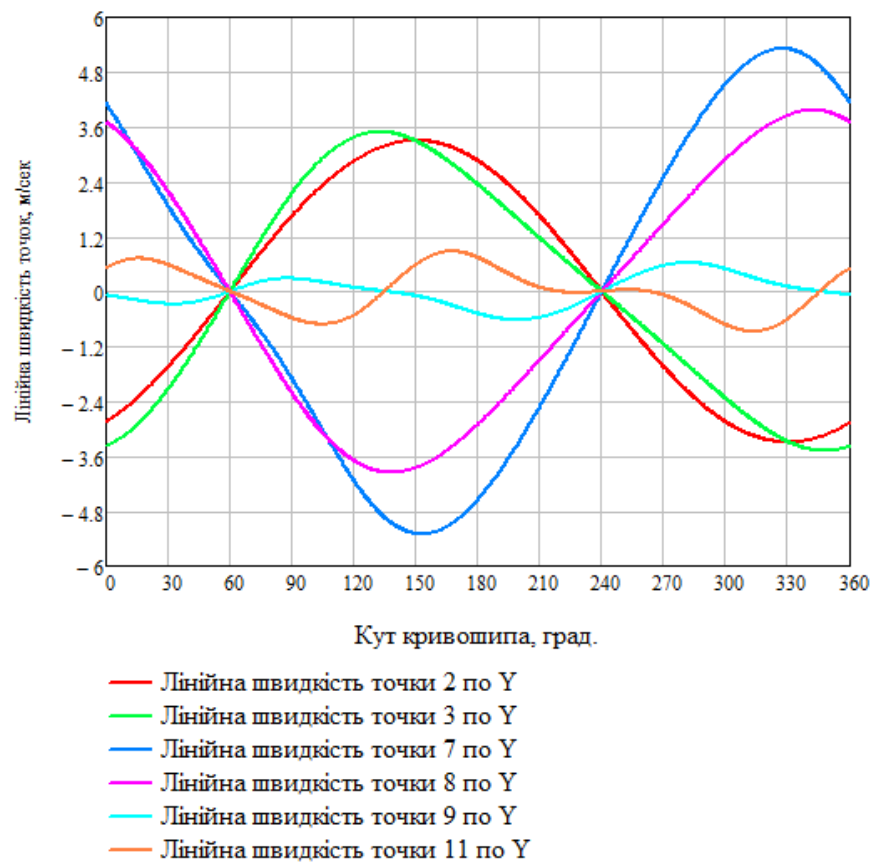


Рис. 4.4. Графік лінійних швидкостей точок по осі Y

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кут кривошипа	Функції прискорень, м/сек ²					
	A ₂ X	A ₂ Y	A ₃ X	A ₃ Y	A ₇ X	A ₇ Y
0	0.00	604.51	383.26	391.75	262.04	-1396.50
30	0.00	1047.05	-173.50	1277.67	2971.42	-1531.50
60	0.00	1209.03	-569.61	1611.10	4268.58	-1186.10
90	0.00	1047.05	-173.50	1277.67	2971.42	-1531.50
120	0.00	604.51	383.27	391.75	262.04	-1396.50
150	0.00	-0.00	376.02	-448.18	-1510.98	-132.10
180	0.00	-604.51	46.31	-796.67	-1760.79	1086.34
210	0.00	-1047.05	-204.73	-826.88	-1451.62	1664.41
240	0.00	-1209.03	-285.14	-806.48	-1288.74	1804.83
270	0.00	-1047.05	-204.73	-826.88	-1451.62	1664.41
300	0.00	-604.51	46.31	-796.67	-1760.79	1086.34
330	0.00	-0.00	376.02	-448.18	-1510.98	-132.10
360	0.00	604.51	383.27	391.75	262.04	-1396.50

Кут кривошипа	Функції прискорень, м/сек ²					
	A ₈ X	A ₈ Y	A ₉ X	A ₉ Y	A ₁₁ X	A ₁₁ Y
0	-276.42	-610.15	-1207.36	-140.00	-2318.49	551.74
30	733.36	-1394.90	425.20	-36.11	759.23	-351.69
60	1327.68	-1612.26	1547.08	351.09	3086.00	-390.63
90	733.36	-1394.90	425.20	-36.11	759.23	-351.69
120	-276.42	-610.15	-1207.36	-140.00	-2318.49	551.74
150	-619.22	357.55	-1489.27	-182.30	-2866.29	662.85
180	-386.22	895.63	-137.10	-274.10	-436.43	-413.10
210	-110.52	1035.26	1010.64	210.03	2002.99	-290.77
240	-9.65	1045.45	1249.37	494.46	2633.61	73.19
270	-110.52	1035.26	1010.64	210.03	2002.99	-290.77
300	-386.22	895.63	-137.10	-274.10	-436.43	-413.10
330	-619.22	357.55	-1489.27	-182.30	-2866.29	662.85
360	-276.42	-610.15	-1207.36	-140.00	-2318.49	551.74

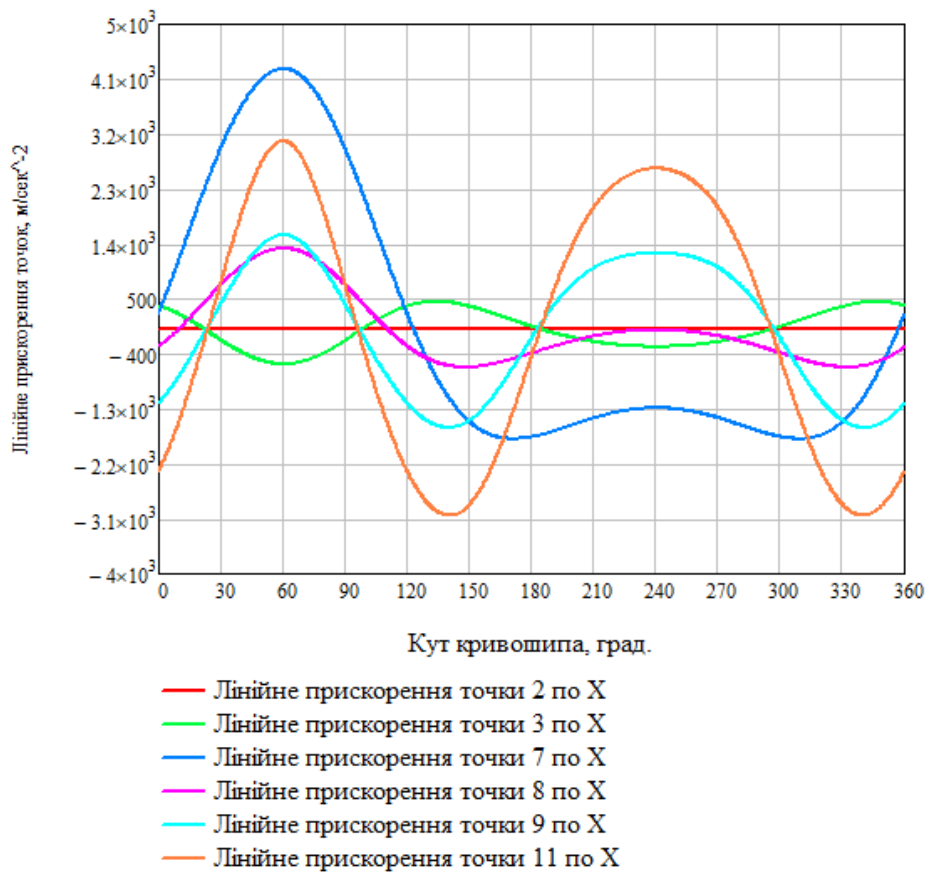


Рис. 4.5. Графік лінійних прискорень точок по осі X

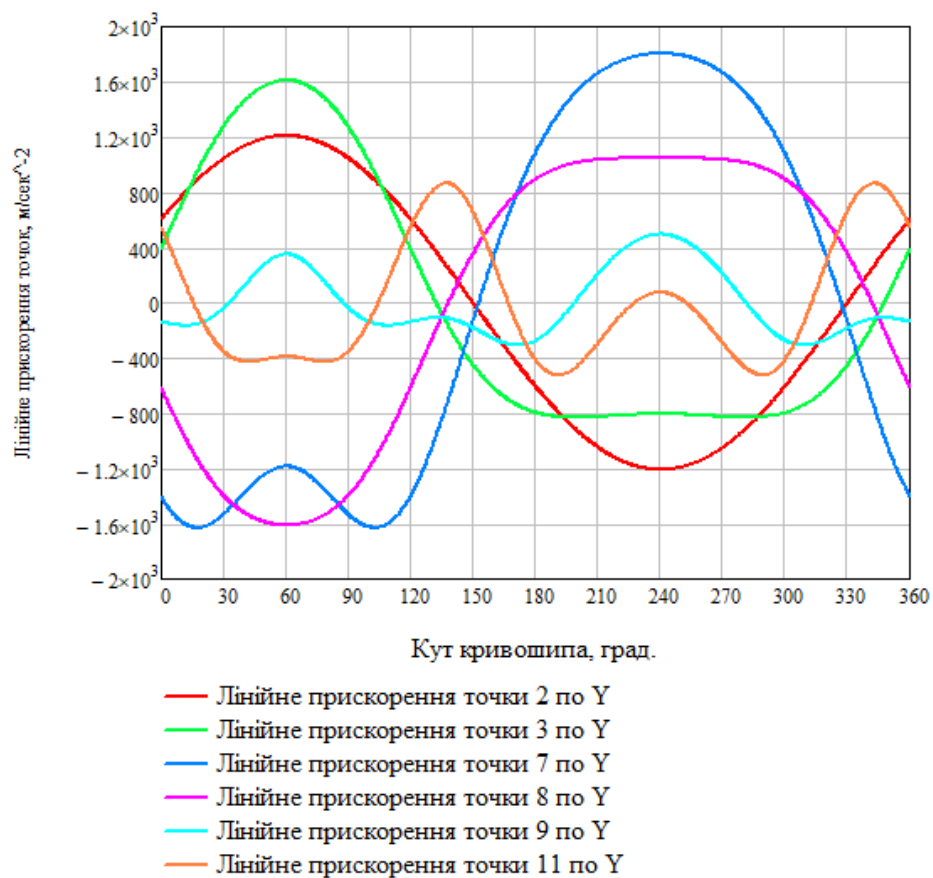


Рис. 4.6. Графік лінійних прискорень по осі Y

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кут кривошипа	Кути повороту ланок, град.						
	Φ_{2-3}	Φ_{4-3}	Φ_{5-7}	Φ_{6-8}	Φ_{10-9}	Φ_{8-9}	Φ_{10-11}
0	-92.87	187.06	62.06	27.06	94.79	13.39	74.79
30	-91.00	195.93	70.93	35.93	99.67	-0.69	79.67
60	-89.91	199.47	74.47	39.47	102.79	-6.38	82.79
90	-91.00	195.93	70.93	35.93	99.67	-0.69	79.67
120	-92.87	187.06	62.06	27.06	94.79	13.39	74.79
150	-93.27	176.63	51.63	16.63	94.95	31.61	74.95
180	-91.99	167.89	42.89	7.89	101.32	49.63	81.32
210	-90.50	162.38	37.38	2.38	108.62	62.12	88.62
240	-89.91	160.53	35.53	0.53	111.59	66.36	91.59
270	-90.50	162.38	37.38	2.38	108.62	62.12	88.62
300	-91.99	167.89	42.89	7.89	101.32	49.63	81.32
330	-93.27	176.63	51.63	16.63	94.95	31.61	74.95
360	-92.87	187.06	62.06	27.06	94.79	13.39	74.79

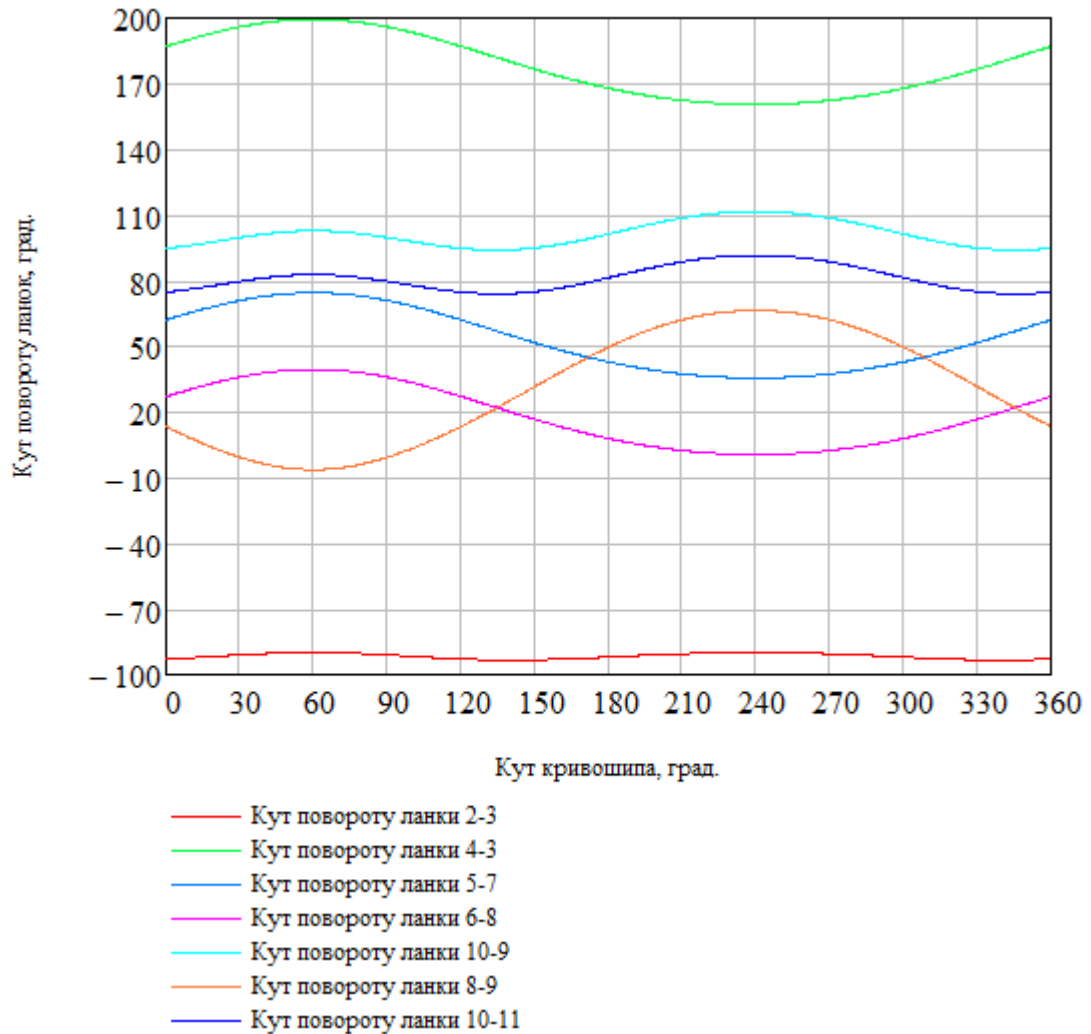


Рис. 4.7. Графік функцій кутів повороту ланок

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БДП.51.00.00.ПЗ

Аркуш

41

Кут кривошипа	Кутові швидкості ланок, сек ⁻¹						
	ω_{2-3}	ω_{4-3}	ω_{5-7}	ω_{6-8}	ω_{10-9}	ω_{8-9}	ω_{10-11}
0	15.73	125.98	125.98	125.98	38.97	-204.78	38.97
30	22.65	82.54	82.54	82.54	64.78	-130.68	64.78
60	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00
90	-22.65	-82.54	-82.54	-82.54	-64.78	130.68	-64.78
120	-15.73	-125.98	-125.98	-125.98	-38.97	204.78	-38.97
150	6.76	-121.97	-121.97	-121.97	45.65	232.14	45.65
180	18.44	-88.70	-88.70	-88.70	97.39	195.98	97.39
210	13.65	-45.20	-45.20	-45.20	69.65	103.90	69.65
240	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
270	-13.65	45.20	45.20	45.20	-69.65	-103.90	-69.65
300	-18.44	88.70	88.70	88.70	-97.39	-195.98	-97.39
330	-6.76	121.97	121.97	121.97	-45.65	-232.14	-45.65
360	15.73	125.98	125.98	125.98	38.97	-204.78	38.97

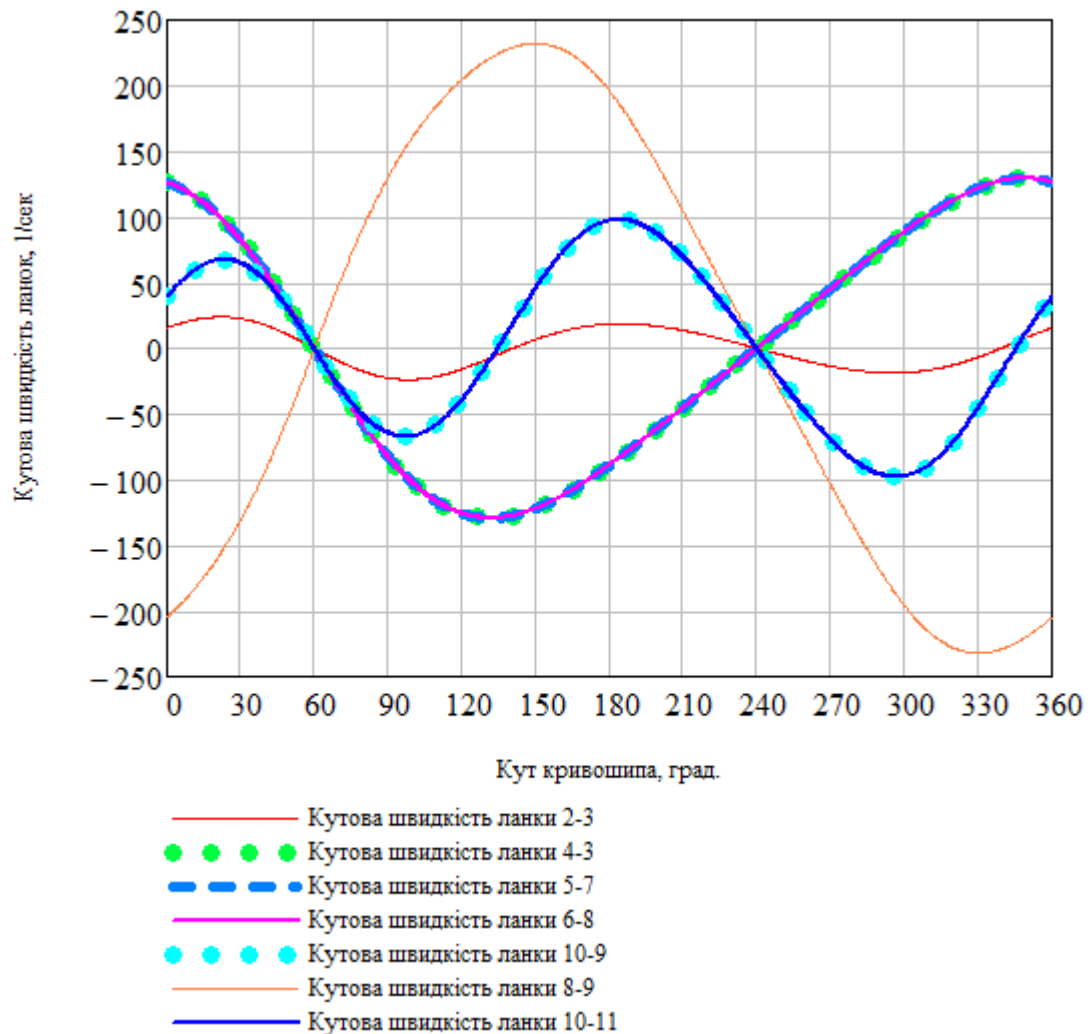


Рис. 4.8. Графік функцій кутових швидкостей ланок

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кут кривошипа	Кутові прискорення ланок, сек ⁻²						
	ϵ_{2-3}	ϵ_{4-3}	ϵ_{5-7}	ϵ_{6-8}	ϵ_{10-9}	ϵ_{8-9}	ϵ_{10-11}
0	13951.66	-12654.88	-12654.88	-12654.89	47640.61	35416.50	47640.61
30	-6481.29	-47267.02	-47267.02	-47267.02	-16200.10	71314.74	-16200.10
60	-21072.25	-63290.14	-63290.14	-63290.14	-62212.52	103977.46	-62212.52
90	-6481.29	-47267.02	-47267.02	-47267.02	-16200.10	71314.74	-16200.10
120	13951.66	-12654.88	-12654.88	-12654.88	47640.61	35416.49	47640.61
150	14002.44	15752.75	15752.75	15752.75	58801.83	-195.55	58801.83
180	1878.25	28489.71	28489.71	28489.71	7381.60	-49868.25	7381.60
210	-7546.84	31483.67	31483.67	31483.67	-40187.96	-72469.69	-40187.96
240	-10536.20	31681.68	31681.68	31681.68	-52692.48	-72331.96	-52692.48
270	-7546.84	31483.67	31483.67	31483.67	-40187.96	-72469.69	-40187.96
300	1878.25	28489.71	28489.71	28489.71	7381.60	-49868.25	7381.60
330	14002.44	15752.75	15752.75	15752.75	58801.83	-195.55	58801.83
360	13951.66	-12654.88	-12654.88	-12654.88	47640.61	35416.49	47640.61

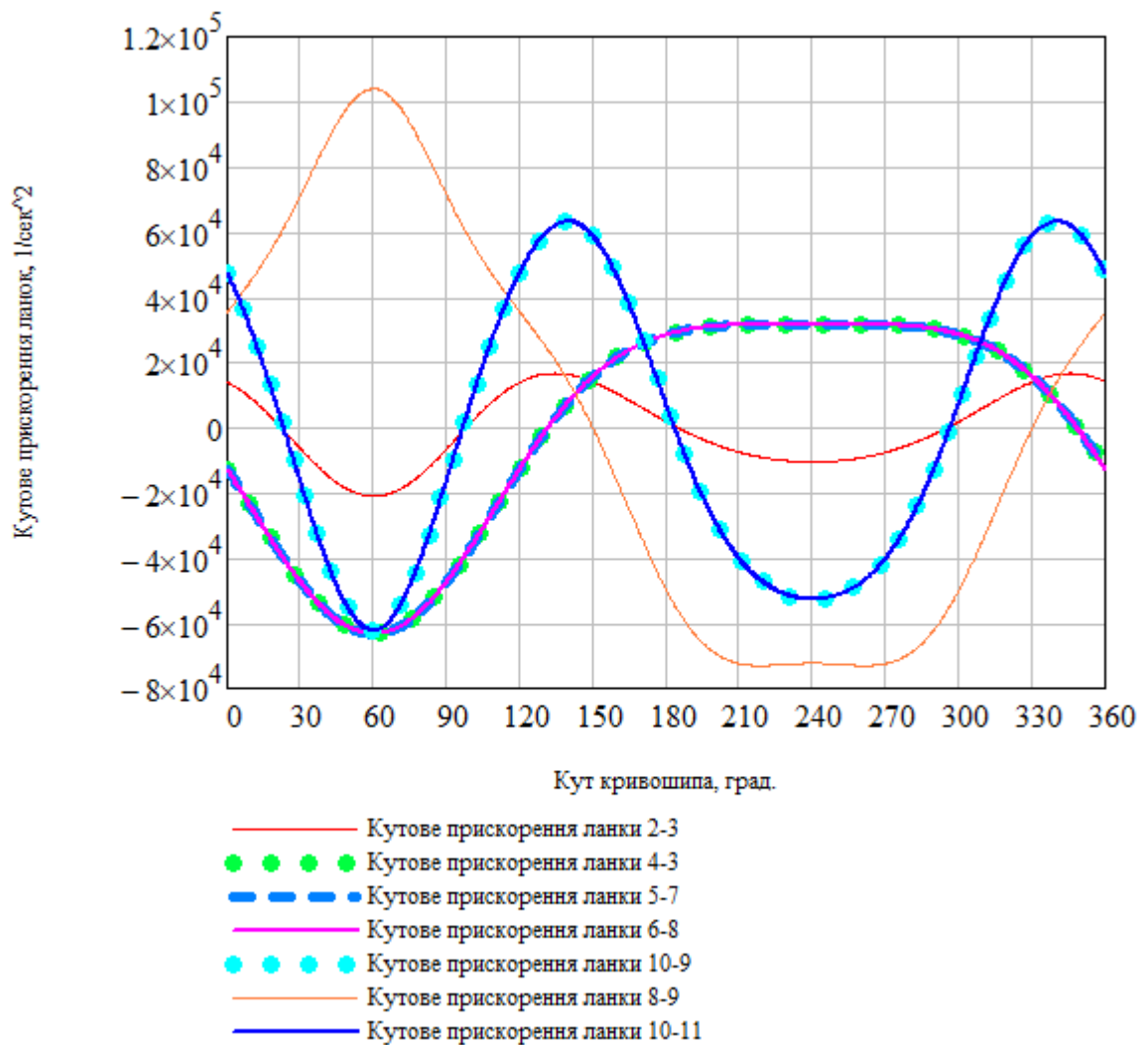


Рис. 4.9. Графік функцій кутових прискорень ланок

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БДП.51.00.00.ПЗ

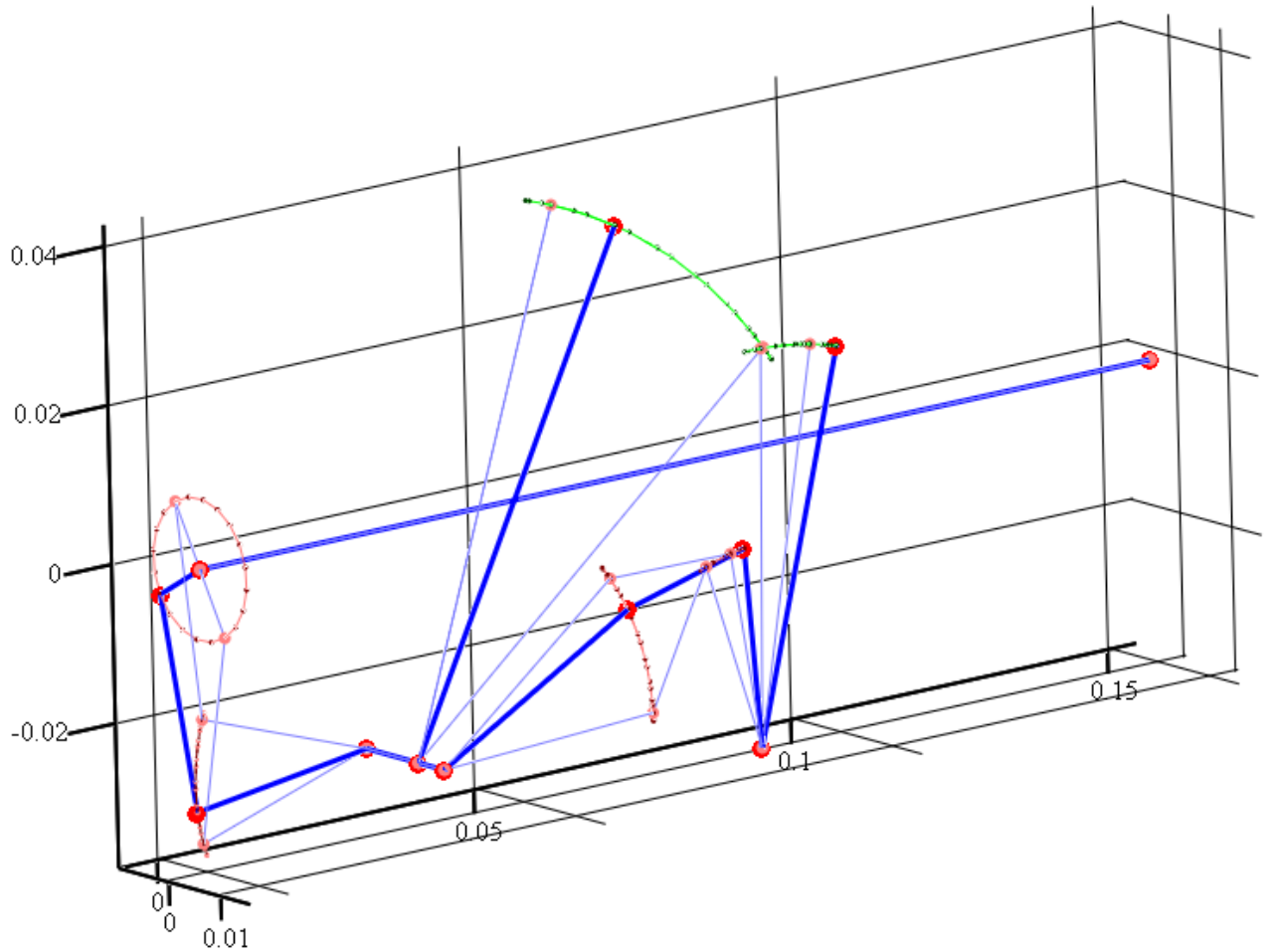


Рис. 4.10. Візуалізація кінематичної схеми просторового механізму петельників швейної машини обметувального стібка 51 класу

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БДП.51.00.00.ПЗ

РОЗДІЛ 5. КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МЕХАНІЗМУ ПЕТЕЛЬНИКІВ ШВЕЙНОЇ МАШИНИ 51 КЛАСУ

Опис процесу комп'ютерного моделювання в SolidWorks

Створив першу деталь – ланка 1-2 (кривошип). На фронтальній площині створив **Ескіз**. За допомогою елементів **Коло**, **Осьова лінія** та **Автоматичне нанесення розмірів** (панель елементів *Ескіз*) створив ескіз з урахуванням заданих розмірів. За допомогою **Витягнута бобишка/основа** надав ескізу об'ємну форму. На верхній площині створив новий **Ескіз** за допомогою **Коло** та **Автоматичне нанесення розмірів**. За допомогою **Витягнутий виріз** створив отвори для фіксації кривошипа на головному валу, а також для фіксації пальця в кривошипі. За допомогою **Закруглення** закруглив гострі частини деталі.

Створив другу деталь – сферичний палець. На фронтальній площині створив **Ескіз**. За допомогою елементів **Коло**, **Лінія** та **Автоматичне нанесення розмірів** створив ескіз з урахуванням заданих розмірів. За допомогою **Повернути бобишка/основа**, а також **Витягнута бобишка/основа** надав ескізу об'ємну форму, з урахуванням заданих розмірів. За допомогою **Закруглення** закруглив гострі частини деталі.

Створив третю деталь – ланка 2-3 (шатун). На фронтальній площині створив **Ескіз**. За допомогою елементів **Коло**, **Осьова лінія**, **Лінія**, **Відсікти об'єкти** та **Автоматичне нанесення розмірів** створив ескіз з урахуванням заданих розмірів. За допомогою **Витягнута бобишка/основа** надав ескізу об'ємну форму, з урахуванням заданих розмірів. На верхній площині створив новий **Ескіз** за допомогою **Коло** та **Автоматичне нанесення розмірів**. За допомогою **Витягнутий виріз** створив отвори для фіксації сферичного пальця в шатуні. За допомогою **Закруглення** закруглив гострі частини деталі.

Створив четверту деталь – кронштейн шатуна (ланки 2-3). На фронтальній площині створив **Ескіз**. За допомогою елементів **Коло**, **Осьова лінія**, **Лінія**, **Відсікти об'єкти** та **Автоматичне нанесення розмірів** створив ескіз з урахуванням заданих розмірів. За допомогою **Витягнута бобишка/основа** надав ескізу об'ємну форму, з урахуванням заданих розмірів. На верхній площині створив новий **Ескіз** за допомогою **Коло** та **Автоматичне нанесення розмірів**. За допомогою **Витягнута бобишка/основа**, а також **Витягнутий виріз** створив болти для фіксації сферичного пальця в шатуні. За допомогою **Закруглення** закруглив гострі частини деталі.

Створив п'яту деталь – ланка 3-4-5-6-7-8 (коромисло). На фронтальній площині створив **Ескіз**. За допомогою елементів **Коло**, **Лінія**, **Осьова лінія**, **Пряма прорізь**, **Закруглення** та **Автоматичне нанесення розмірів** створив ескіз з урахуванням заданих розмірів. За допомогою **Витягнута бобишка/основа** надав ескізу об'ємну форму, з урахуванням заданих розмірів. За допомогою **Закруглення** закруглив гострі частини деталі.

Створив шосту деталь – ланка 8-9 (шатун). На фронтальній площині створив **Ескіз**. За допомогою елементів **Коло**, **Лінія** та **Автоматичне нанесення розмірів** створив ескіз з урахуванням заданих розмірів. За допомогою **Витягнута бобишка/основа** надав ескізу об'ємну форму. За допомогою **Витягнутий виріз** розділив деталь на дві симетричні частини. Створив новий ескіз на одній з граней

					БДП.51.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

деталі за допомогою **Коло, Прямокутник з центру та Автоматичне нанесення розмірів**. За допомогою **Витягнута бобишка/основа** створив болти-осі, що поєднують дві деталі шатуна. За допомогою **Закруглення** закруглив гострі частини деталі.

Створив сьому деталь – ланка 9-10-11 (коромисло). На фронтальній площині створив **Ескіз**. За допомогою елементів **Лінія, Коло, Осьова лінія, Пряма прорізь та Автоматичне нанесення розмірів** створив ескіз з урахуванням заданих розмірів. За допомогою **Витягнута бобишка/основа** надав ескізу об'ємну форму з урахуванням заданих розмірів. За допомогою **Витягнутий виріз** створив вирізи на деталі. За допомогою **Закруглення** закруглив гострі частини деталі.

Створив восьму деталь – головний вал. На фронтальній площині створив **Ескіз**. За допомогою елементів **Коло та Автоматичне нанесення розмірів** створив ескіз з урахуванням заданих розмірів. За допомогою **Витягнута бобишка/основа** надав ескізу об'ємну форму. За допомогою **Закруглення** закруглив гострі частини деталі.

Створив дев'яту деталь – корпус з осями обертання. На фронтальній площині створив **Ескіз**. За допомогою елементів **Коло, Лінія, Відсікти об'єкти та Автоматичне нанесення розмірів** створив ескіз з урахуванням заданих розмірів. За допомогою **Витягнута бобишка/основа** надав ескізу об'ємну форму. На одній з граней деталі створив новий ескіз з урахуванням заданих розмірів, за допомогою **Коло і Автоматичне нанесення розмірів**. За допомогою **Витягнутий виріз** зробив отвір для головного валу. За допомогою **Закруглення** закруглив гострі частини деталі.

Оскільки болти фіксуються в деталях нерухомо, прийняв рішення зробити їх суцільно з деталлю, в якій вони фіксуються.

Створив Збірку всіх деталей в єдиний механізм рис. 5. За допомогою **Створити збірку з деталі/збірки** створив нову збірку. За допомогою **Вставити компоненти** додав усі необхідні деталі. За допомогою **Умови спряження** поєднав деталі між собою згідно кінематичної схеми.

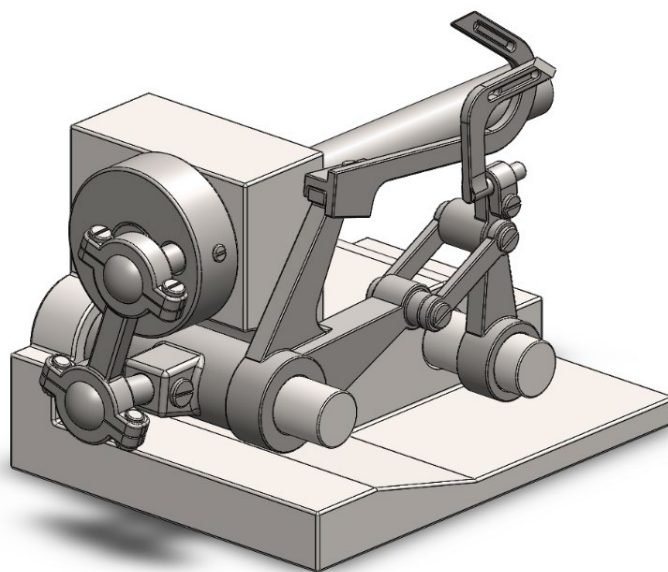


Рис. 5.1. Збірка механізму петельників швейної машини 51 класу

					БДП.51.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Визначення маса-інерційних параметрів в SolidWorks

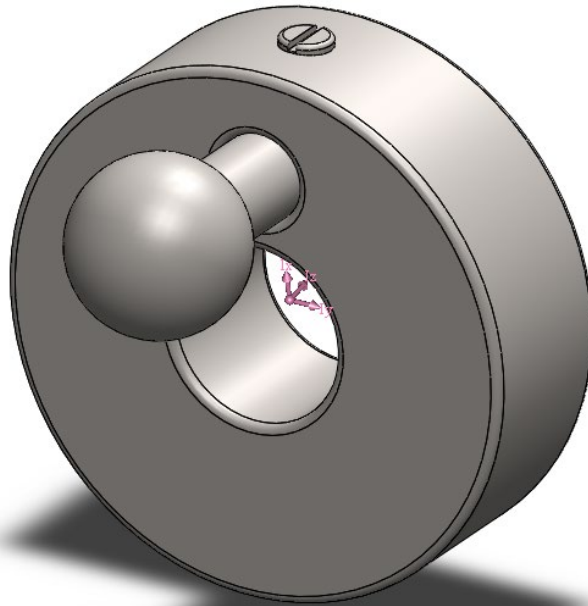


Рис. 5.2. Загальний вид кривошипа (ланка 1-2)

Массовые характеристики: Ланка 1-2		
Конфигурация: Default		
Система координат: -- по умолчанию --		
Масса = 0.05 килограммов		
Объем = 0.00 кубические метры		
Площадь поверхности = 0.00 квадратные метры		
Центр тяжести: (метры)		
X = 0.00		
Y = 0.00		
Z = 0.00		
Основные оси инерции и основные моменты инерции: (килограммов * квадратные метры)		
центр тяжести		
ix = (-0.23, 0.97, 0.00)	Px = 0.00	
Iy = (0.00, 0.00, 1.00)	Py = 0.00	
Iz = (0.97, 0.23, 0.00)	Pz = 0.00	
Моменты инерции: (килограммов * квадратные метры)		
Определяются в центре тяжести и выравниваются относительно системы координат вывода.		
Lxx = 0.00	Lxy = 0.00	Lxz = 0.00
Lyx = 0.00	Lyy = 0.00	Lyz = 0.00
Lzx = 0.00	Lzy = 0.00	Lzz = 0.00
Моменты инерции: (килограммов * квадратные метры)		
Вычисляется с помощью системы координат вывода.		
Ixx = 0.00	Ixy = 0.00	Ixz = 0.00
Iyx = 0.00	Iyy = 0.00	Iyz = 0.00
Izx = 0.00	Izy = 0.00	Izz = 0.00

Рис. 5.3. Маса-інерційні параметри кривошипа (ланка 1-2)

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БДП.51.00.00.ПЗ

Аркуш

47

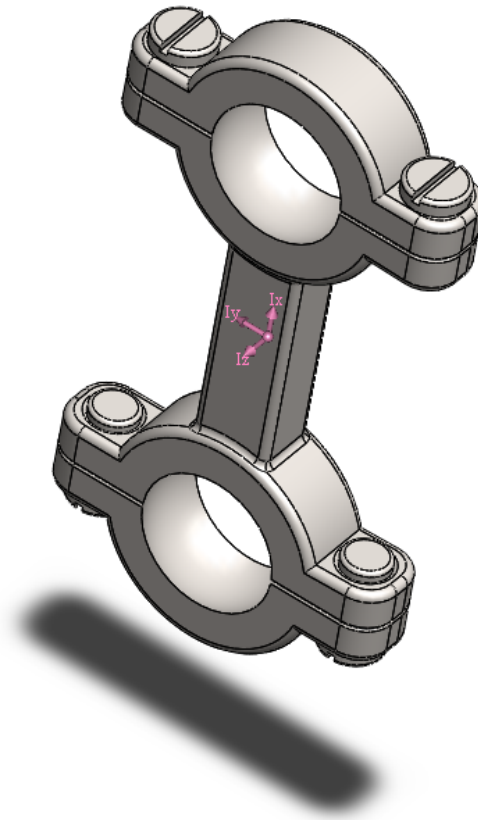


Рис. 5.4. Загальний вид шатуна (ланка 2-3)

Массовые характеристики: Ланка 2-3 Конфигурация: Default Система координат: -- по умолчанию --		
Масса = 11.67 граммов Объем = 1496.53 кубические миллиметры Площадь поверхности = 2034.60 квадратных миллиметры		
Центр тяжести: (миллиметры) X = -0.02 Y = -13.50 Z = 0.00		
Основные оси инерции и основные моменты инерции: (граммов * квадратные миллиметры) центр тяжести $I_x = (0.00, 1.00, 0.00)$ $P_x = 399.15$ $I_y = (-1.00, 0.00, 0.00)$ $P_y = 1958.83$ $I_z = (0.00, 0.00, 1.00)$ $P_z = 2313.64$		
Моменты инерции: (граммов * квадратные миллиметры) Определяются в центре тяжести и выравниваются относительно системы координат вывода. $L_{xx} = 1958.83$ $L_{xy} = 0.00$ $L_{xz} = 0.00$ $L_{yx} = 0.00$ $L_{yy} = 399.15$ $L_{yz} = 0.00$ $L_{zx} = 0.00$ $L_{zy} = 0.00$ $L_{zz} = 2313.64$		
Моменты инерции: (граммов * квадратные миллиметры) Вычисляется с помощью системы координат вывода. $I_{xx} = 4086.22$ $I_{xy} = 3.72$ $I_{xz} = 0.00$ $I_{yx} = 3.72$ $I_{yy} = 399.16$ $I_{yz} = 0.00$ $I_{zx} = 0.00$ $I_{zy} = 0.00$ $I_{zz} = 4441.04$		

Рис. 5.5. Маса-інерційні параметри шатуна (ланка 2-3)

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

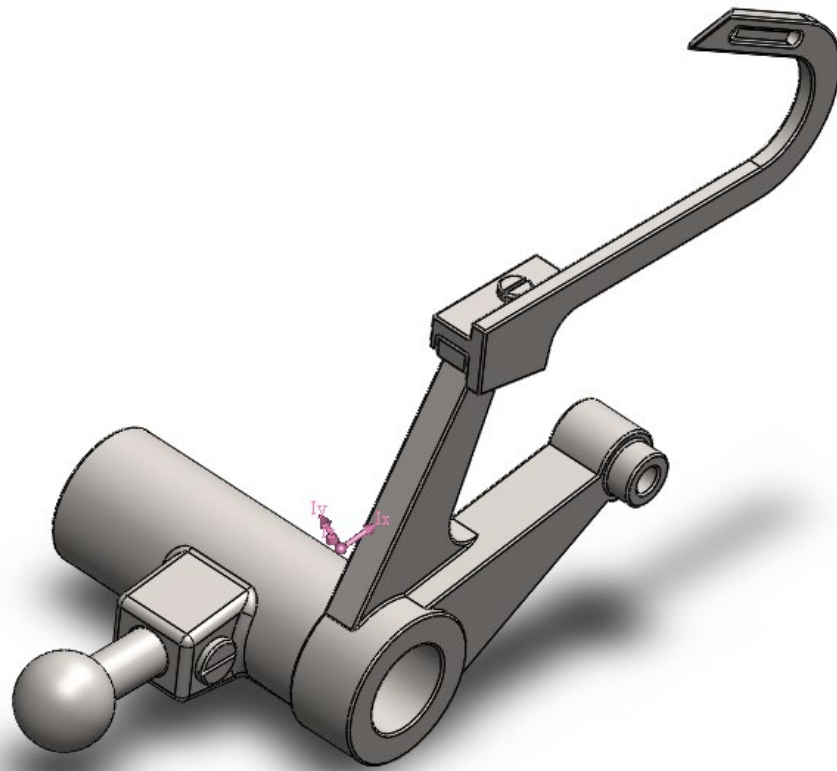


Рис. 5.6. Загальний вид коромисла (ланка 3-4)

<p>Массовые характеристики: Ланка 3-4 Конфигурация: Default Система координат: -- по умолчанию --</p>		
<p>Масса = 72.33 граммов</p>		
<p>Объем = 9273.55 кубические миллиметры</p>		
<p>Площадь поверхности = 7268.00 квадратных миллиметров</p>		
<p>Центр тяжести: (миллиметры)</p>		
<p>X = 4.44 Y = 7.04 Z = 7.03</p>		
<p>Основные оси инерции и основные моменты инерции: (граммов * квадратные миллиметры) центр тяжести</p>		
<p>ix = (0.74, 0.57, 0.37) Px = 10855.51 iy = (0.23, 0.31, -0.92) Py = 34295.88 iz = (-0.64, 0.76, 0.10) Pz = 35243.81</p>		
<p>Моменты инерции: (граммов * квадратные миллиметры) Определяются в центре тяжести и выравниваются относительно системы координат вывода.</p>		
<p>Lxx = 21989.27 Lxy = 10231.36 Lxz = 6460.78 Lyx = 10231.36 Lyy = 27329.08 Lyz = 4855.60 Lzx = 6460.78 Lzy = 4855.60 Lzz = 31076.85</p>		
<p>Моменты инерции: (граммов * квадратные миллиметры) Вычисляется с помощью системы координат вывода.</p>		
<p>lxx = 29155.37 lxy = 12493.42 lxz = 8718.73 lyx = 12493.42 lyy = 32331.11 lyz = 8438.64 lzx = 8718.73 lzy = 8438.64 lzz = 36091.91</p>		

Рис. 5.7. Маса-інерційні параметри коромисла (ланка 3-4)

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

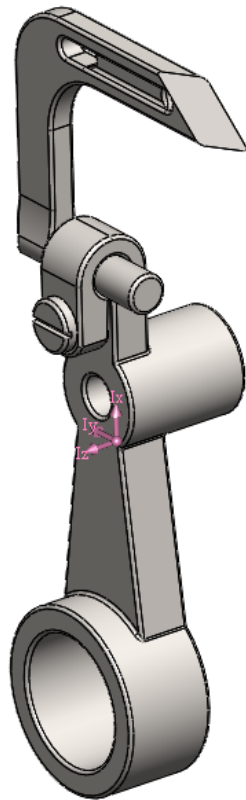


Рис. 5.8. Загальний вид коромисла (ланка 9-10)

Массовые характеристики: Ланка 9-10 Конфигурация: Default Система координат: -- по умолчанию --		
Масса = 14.36 граммов Объем = 1841.17 кубические миллиметры Площадь поверхности = 2040.99 квадратных миллиметры		
Центр тяжести: (миллиметры) X = -0.07 Y = 18.58 Z = -1.68		
Основные оси инерции и основные моменты инерции: (граммов * квадратные миллиметры) центр тяжести $I_x = (0.00, 1.00, 0.00)$ $P_x = 300.80$ $I_y = (-1.00, 0.00, 0.03)$ $P_y = 3592.44$ $I_z = (0.03, 0.00, 1.00)$ $P_z = 3672.78$		
Моменты инерции: (граммов * квадратные миллиметры) Определяются в центре тяжести и выравниваются относительно системы координат вывода. $L_{xx} = 3592.48$ $L_{xy} = 10.61$ $L_{xz} = -2.42$ $L_{yx} = 10.61$ $L_{yy} = 300.85$ $L_{yz} = 5.90$ $L_{zx} = -2.42$ $L_{zy} = 5.90$ $L_{zz} = 3672.69$		
Моменты инерции: (граммов * квадратные миллиметры) Вычисляется с помощью системы координат вывода. $I_{xx} = 8592.00$ $I_{xy} = -9.32$ $I_{xz} = -0.62$ $I_{yx} = -9.32$ $I_{yy} = 341.42$ $I_{yz} = -442.19$ $I_{zx} = -0.62$ $I_{zy} = -442.19$ $I_{zz} = 8631.80$		

Рис. 5.9. Маса-інерційні параметри коромисла (ланка 9-10)

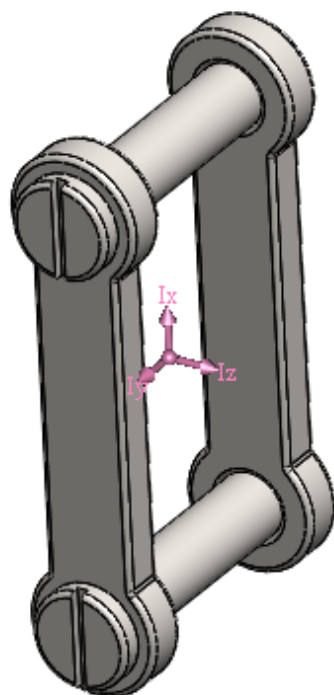


Рис. 5.10. Загальний вид шатуна (ланка 8-9)

Массовые характеристики: Ланка 8-9 Конфигурация: Default Система координат: -- по умолчанию --		
Масса = 4.80 граммов Объем = 615.18 кубические миллиметры Площадь поверхности = 889.55 квадратных миллиметры		
Центр тяжести: (миллиметры) X = 0.00 Y = 9.50 Z = 0.27		
Основные оси инерции и основные моменты инерции: (граммов * квадратные миллиметры) центр тяжести $I_x = (0.00, 1.00, 0.00) \quad P_x = 155.54$ $I_y = (0.00, 0.00, 1.00) \quad P_y = 319.44$ $I_z = (1.00, 0.00, 0.00) \quad P_z = 460.75$		
Моменты инерции: (граммов * квадратные миллиметры) Определяются в центре тяжести и выравниваются относительно системы координат вывода. $L_{xx} = 460.75 \quad L_{xy} = 0.00 \quad L_{xz} = 0.00$ $L_{yx} = 0.00 \quad L_{yy} = 155.54 \quad L_{yz} = 0.00$ $L_{zx} = 0.00 \quad L_{zy} = 0.00 \quad L_{zz} = 319.44$		
Моменты инерции: (граммов * квадратные миллиметры) Вычисляется с помощью системы координат вывода. $I_{xx} = 894.16 \quad I_{xy} = 0.00 \quad I_{xz} = 0.00$ $I_{yx} = 0.00 \quad I_{yy} = 155.90 \quad I_{yz} = 12.52$ $I_{zx} = 0.00 \quad I_{zy} = 12.52 \quad I_{zz} = 752.50$		

Рис. 5.11. Маса-інерційні параметри шатуна (ланка 8-9)

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ВИСНОВКИ

Розділ 1

Визначено призначення та складена технічна характеристика швейної машини 51 класу. Досліджено механічну технологію утворення стібків класу 500. Проаналізовано процес утворення стібків для двох випадків: з двома петельниками, з одним петельником та одним розширювачем.

Розділ 2

Досліджено конструкцію механізмів швейної машини 51 класу.

Розділ 3

Кінематичний аналіз механізмів включає питання дослідження ланок з геометричної точки зору, тобто без урахування діючих сил. Існує три методи кінематичного дослідження: графічний, графоаналітичний, аналітичний.

Графічний метод передбачає визначення всіх кінематичних параметрів механізму шляхом графічних побудов. Спершу викреслюють плани положень механізму, за якими будується діаграма переміщень ланок. Швидкості і прискорення можна отримати по діаграмі методом графічного диференціювання. Цей метод має невисоку точність, але цієї точності зазвичай достатньо для проведення оціночних розрахунків. Головна перевага цього методу - його простота і швидке отримання результатів.

Графоаналітичний метод має помірну трудомісткість і середню точність розрахунків, яка залежить від акуратності графічних побудов і вдалого вибору масштабів.

Аналітичний метод передбачає використання комп'ютера. На етапі визначення координат і кутів повороту застосовується метод замкнутого векторного контуру. Другий і третій етапи можна виконувати різними способами.

Перший спосіб: після знаходження функцій положень диференціюють ці функції – отримують функції швидкостей, ще раз диференціюють отримані функції швидкостей – отримують функції прискорень. Такий спосіб часто буває громіздким і складним для перевірки.

Другий спосіб: після знаходження на першому етапі функцій положень задачі другого і третього етапів виконуються одним з методів чисельного диференціювання. Цей підхід універсальний та простий. При дослідженні різних механізмів змінюється лише блок розрахунків першого етапу. Блоки другого і третього етапів, які містять реалізацію методу чисельного диференціювання, будуть однакові для будь-яких механізмів.

Третій спосіб: можна проектувати на осі координат рівняння швидкостей і прискорень. Недолік – для кожного механізму необхідно складати свої рівняння проєкцій. Перевага – легко контролювати, тому що кожне рівняння має виражений фізичний смисл.

Розділ 4

Використовуючи аналітичний метод векторного перетворення координат, зроблено кінематичний розрахунок механізму, в результаті якого отримані

					БДП.51.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

математичні моделі функцій положення, функцій швидкостей та функцій прискорень характерних точок та рухомих ланок механізму.

Розділ 5

Виконано комп'ютерне моделювання механізму в програмі SolidWorks. Визначені маса-інерційні характеристики рухомих ланок механізму.

					БДП.51.00.00.ПЗ	Аркуш
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		53

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Артоболевский И. И. Теория механизмов и машин : [учеб. для вузов] / И. И. Артоболевский – М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. – 640 с.
2. Безрядін В. М., Дворжак В. М. Дослідження двокривошипного чотириланкового механізму ниткопритягувача швейної машини / В. М. Безрядін, В. М. Дворжак // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Технічні науки. – 2017. – № 6. – С. 26-34. (10 сторінок).
3. Горобець В. А. Синтез просторового рычажного направляючого механізму / В. А. Горобець, А. П. Манойленко, В. Н. Дворжак // Вестник витебского государственного технологического университета. – 2019. – № 1 (36). – С. 13-23. (11 сторінок).
4. Горобець В. А. Дослідження впливу значень параметрів прямого механізму голки на його технологічність / В. А. Горобець, О. П. Манойленко, В. М. Дворжак // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2013. – № 3. – С. 56-62.
5. Горобець В. А. Розробка і синтез нового механізму транспорту швейної машини / В. А. Горобець, В. М. Дворжак // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Технічні науки. – 2018. – № 5 (126). – С. 33-39. (7 сторінок).
6. Горобець В. А., Манойленко О. П., Дворжак В. М. Аналіз взаємодії робочих органів швейної машини потайного ланцюгового стібка. Повідомлення 1. // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Т.2 – 2010. – № 5. – С. 29-33.
7. Горобець В. А., Манойленко О. П., Дворжак В. М. Аналіз взаємодії робочих органів швейної машини потайного ланцюгового стібка. Повідомлення 2. // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2011. – № 3. – С. 9-16.
8. Дворжак В. М. Аналітичне дослідження динаміки типових двокривошипних механізмів технологічних машин легкої промисловості / В. М. Дворжак // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Технічні науки. – 2017. – № 5. – С. 54-64.
9. Дворжак В. М. Аналітичне дослідження динаміки типових кулісних механізмів технологічних машин легкої промисловості / В. М. Дворжак // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Технічні науки. – 2018. – № 3 (122). – С. 9-18.
10. Дворжак В. М. Візуалізація схемотехнічного моделювання механізмів технологічних машин [Електронний ресурс] / В. М. Дворжак, Д. Л. Литвяк, І. С. Мелашенко, В. В. Мочоник // Технології та дизайн. – 2018. – № 4 (29). – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2018_4_9
11. Дворжак В. М. Комп'ютерне моделювання механізмів основ'язальних машин зі структурними групами третього класу третього порядку з поступальними парами / В. М. Дворжак // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Технічні науки. – 2015. – № 6. – С. 37-46.
12. Дворжак В. М. Комп'ютерний аналіз кінематичних схем багатоланкових важільних механізмів основ'язальних машин [електронний ресурс] / В. М.

					БДП.51.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

- Дворжак, Б. В. Орловський, Ю. Ю. Чудінович // Технології та дизайн. – 2014. – № 2(11). – Режим доступу до журн.: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/td_2014_2_4.pdf
13. Дворжак В. М. Математичне моделювання механізмів швейних машин зі структурними групами третього класу третього порядку з двома поступальними парами / В. М. Дворжак // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Технічні науки. – 2016. – № 5. – С. 99-108.
 14. Дворжак В. М. Розробка і дослідження механізму коливального руху вушкових голок для основов'язальної машини / В. М. Дворжак, Ю. Ю. Чудінович, С. Г. Чмихало. // Технології та дизайн. – 2017. – № 3. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2017_3_14.
 15. Дворжак В. М. Силовий аналіз механізму коливального руху вушкових голок основов'язальної машини / В. М. Дворжак // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Технічні науки. – 2019. – № 3 (134). – С. 26-35.
 16. Дворжак В. М. Схемотехнічне моделювання кінематичних схем просторових чотириланкових кривошипно-коромислових механізмів технологічних машин / В. М. Дворжак // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Технічні науки. – 2016. – № 2. – С. 18-26.
 17. Дворжак В. М. Схемотехнічне моделювання механізмів основов'язальних машин зі структурними групами III класу. Повідомлення 1. [електронний ресурс] / В. М. Дворжак, Б. В. Орловський, Б. М. Петрів, М. Г. Залюбовський // Технології та дизайн. – 2012. – № 4. – Режим доступу до журн.: http://archive.nbuv.gov.ua/e-journals/td/2012_4/index.html. (9 сторінок)
 18. Дворжак В. М. Схемотехнічне моделювання механізмів основов'язальних машин зі структурними групами III класу. Повідомлення 2. [електронний ресурс] / В. М. Дворжак, Б. В. Орловський, Б. М. Петрів, М. Г. Залюбовський // Технології та дизайн. – 2013. – № 2. – Режим доступу до журн.: http://archive.nbuv.gov.ua/e-journals/td/2013_2/index.html. (7 сторінок)
 19. Дворжак В. М., Орловський Б. В. Схемотехнічне проектування машин – нова дисципліна кафедри машин легкої промисловості КНУТД // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Т. 4. – 2010. – № 5. – С. 144-146.
 20. Кіницький Я. Т. Теорія механізмів і машин : Підручник. – К. : Наукова думка, 2002. – 660 с. ISBN 966-00-0740-X.
 21. Котляров В. О., Дворжак В. М. Метричний синтез механізму вушкових голок змінної структури основов'язальних машин / В. О. Котляров, В. М. Дворжак // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Технічні науки. – 2017. – № 6. – С. 35-41.
 22. Котов А. В. Математическое моделирование [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://www.androsvk.na.by/matm.html>. Загол. з титул. екрану.
 23. Левитский Н. И. Теория механизмов и машин / Н. И. Левитский – М. : Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1979. – 576 с.
 24. Майданюк Т. А. Схемотехнічне моделювання механізму голок основов'язальної машини. [електронний ресурс] / Т. А. Майданюк, Б. В. Орловський, В. М. Дворжак // Технології та дизайн. – 2012. – № 2. – Режим

					БДП.51.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

доступу до журн.: http://www.nbuiv.gov.ua/e-journals/td/2012_2/index.html
(9 сторінок).

25. Макаров Е. Г. MathCAD: Учебный курс. / Е. Г. Макаров – СПб. : Питер, 2009. – 384 с. – ISBN 978-5-388-00201-3.
26. Мацюк И. Н. Решение векторных уравнений кинематики механизмов с помощью программы MathCAD. [электронный ресурс] / И. Н. Мацюк, К. А. Зиборов, Э. М. Шляхов // Теория механизмов и машин. – 2008. – № 1. Том 6. – С. 64-70. – Режим доступа до журн.: <http://tmm.spbstu.ru/journal.html>.
27. Неймак В. С., Параска Г. Б., Дворжак В. М. Оцінка можливостей дослідження механізмів приводу основ'язальних машин за допомогою програми інженерного аналізу Cosmosmotion // Вісник Хмельницького національного університету. Т. 2 «Технічні науки». – 2006. – № 2. – С. 36-38.
28. Орловський Б. В. Комп'ютерне моделювання та синтез типового механізму технологічних машин / Б. В. Орловський, В. М. Дворжак // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2014. – № 5. – С. 103-108.
29. Орловський Б. В. Метричний синтез оберненого кулісного механізму ниткопритягувача швейної машини. Повідомлення 1 [електронний ресурс] / Б. В. Орловський, В. М. Дворжак, Є. С. Радченко // Технології та дизайн. – 2011. – № 1. – Режим доступу до журн.: http://www.nbuiv.gov.ua/e-journals/td/2011_1/2011-1.html
30. Орловський Б. В. Метричний синтез оберненого кулісного механізму ниткопритягувача швейної машини. Повідомлення 2 [електронний ресурс] / Б. В. Орловський, В. М. Дворжак, Є. С. Радченко // Технології та дизайн. – 2012. – № 1. – Режим доступу до журн.: http://www.nbuiv.gov.ua/e-journals/td/2012_1/2012-1.html
31. Орловський Б. В. Правила виконання кінематичних схем. Позначення умовні графічні в схемах. Елементи кінематики / Б. В. Орловський, В. А. Пищиков, Н. С. Абрїнова. – К. : КНУТД, 2007. – 32 с. – (Стандарт кафедри машин легкої промисловості Київського національного університету технологій та дизайну).
32. Орловський Б. В. Схемотехнічне моделювання 3D-механізму вушкових голок міні-основ'язальної машини / Б. В. Орловський, В. М. Дворжак // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2012. – № 3. – С. 86-93.
33. Орловський Б. В. Схемотехнічне моделювання механізмів основ'язальних машин з трьома ступенями вільності зі структурними групами III класу IV порядку / Б. В. Орловський, В. М. Дворжак, І. В. Савченко // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2013. – № 3. – С. 174-181.
34. Орловський Б. В., Дворжак В. М. Визначення реакцій в кінематичних парах механізмів основ'язальних машин методом векторного перетворення координат // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2009. – № 3. – С. 34-44.
35. Орловський Б. В., Дворжак В. М. Кінематичне дослідження багатоланкових шарнірно-важільних механізмів основ'язальних машин аналітичним методом // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Т. 1. – 2008. – № 4. – С. 34-39.

					БДП.51.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

36. Орловський Б. В., Дворжак В. М. Кінематичний аналіз восьмиланкового механізму прокачки вушкових голок основ'язальної машини // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2007. – № 1. – С. 17-25.
37. Орловський Б. В., Дворжак В. М. Особливості метричного синтезу механізму вушкових голок з пружними ланками основ'язальних машин // Вісник Технологічного університету Поділля. Ч. 1, Т. 2 «Технічні науки». Спецвипуск. – 2003. – № 6. – С. 143-149.
38. Орловський Б. В., Дворжак В. М. Розрахунок на точність типового восьмиланкового механізму прокачки вушкових голок основ'язальної машини // Проблеми легкой и текстильной промышленности Украины. – 2006. – № 2. – С. 70-72.
39. Орловський Б. В., Дворжак В. М. Схемотехнічне моделювання кінематичних схем механізмів з двома ступенями вільності основ'язальних машин // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2010. – № 1. – С. 33-42.
40. Орловський Б. В., Дворжак В. М., Абрінова Н. С. Залежність якості проектування основ'язальних і швейних машин від вибору метода синтезу багатоланкових важільних механізмів // Вісник Технологічного університету Поділля. Ч. 1 «Технічні науки». – 2003. – № 1. – С. 164-169.
41. Орловський Б. В., Кошель Г. В., Дворжак В. М. Дослідження кінематичних параметрів просторових механізмів зигзаг машин і напівавтоматів // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2009. – № 5. – С. 9-16.
42. Основи розрахунку та конструювання типових машин : завдання та методичні вказівки для виконання курсової роботи студентів напряму підготовки – 6.050502 «Інженерна механіка», галузі знань – 0505 «Машинобудування та матеріалобробка» / упор.: Б. В. Орловський, В. М. Дворжак, Г. В. Кошель. – К. : КНУТД, 2010. – 59 с.
43. Пищиков В. О. Проектування швейних машин: [навчальний посібник для вищих навчальних закладів за спеціальністю «Обладнання легкої промисловості та побутового обслуговування»] / В. О. Пищиков, Б. В. Орловський – К. : Видавничо-поліграфічний дім «Формат», 2007. – 320 с. – ISBN 966-96475-5-X.
44. Сторожев В. В. Машины и аппараты легкой промышленности: [учебник для студентов высш. учеб. заведений] / В. В. Сторожев – М. : Издательский центр «Академия», 2010. – 400 с. – ISBN 978-5-7695-5965-5.

					БДП.51.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57