

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
ДИЗАЙНУ

Факультет мехатроніки та комп'ютерних технологій

Кафедра прикладної механіки та машин

Дипломна магістерська робота

на тему Розроблення та дослідження механізму третього класу
основов'язальної машини

Виконав: студент групи МгМ-20

спеціальності 133 Галузеве

машинобудування

освітньої програми Обладнання

легкої промисловості та

побутового обслуговування

Олександр МАЧАЧА

Керівник к.т.н., доц. Володимир

ДВОРЖАК

Рецензент к.т.н., доц. Наталія

ЧУПРИНКА

Київ – 2021 рік

Факультет мехатроніки та комп'ютерних технологій

Кафедра прикладної механіки та машин

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

Освітня програма Обладнання легкої промисловості та побутового обслуговування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри прикладної механіки та машин

 **Олександр МАНОЙЛЕНКО**

« 05 » лютого 2021 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Мачачі Олександр Віталійовичу

1. Тема роботи *Розроблення та дослідження механізму третього класу основов'язальної машини*

Науковий керівник роботи *канд. техн. наук, доцент Дворжак Володимир Миколайович* затверджено наказом закладу вищої освіти *від 04.10.2021 року № 286*

2. Строк подання студентом роботи *13.12.2021 року*

3. Вихідні дані до проекту *список наукових публікацій за темою роботи, структурна схема шестиланкового механізму третього класу основов'язальної машини, креслення загального виду базової основов'язальної машини ОВ-7 26 класу*

4. Зміст дипломної роботи (перелік питань, які потрібно розробити)
1) аналіз механізмів базової машини; 2) дослідження закону руху робочих органів восьмиланкового механізму вушкових голок базової конструкції; 3) метричний (геометричний) синтез нового механізму вушкових голок; 4) кінематичний аналіз нового механізму вушкових голок; 5) силовий аналіз нового механізму вушкових голок; б) комп'ютерне моделювання та конструювання нового механізму вушкових голок.

5. Консультанти розділів дипломної магістерської роботи

Розділ	Ім'я, прізвище та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Вступ	Володимир ДВОРЖАК		
Розділ 1	Володимир ДВОРЖАК		
Розділ 2	Володимир ДВОРЖАК		
Розділ 3	Володимир ДВОРЖАК		
Розділ 4	Володимир ДВОРЖАК		
Розділ 5	Володимир ДВОРЖАК		
Висновки	Володимир ДВОРЖАК		

6. Дата видачі завдання: 04.10.2021 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної магістерської роботи	Термін виконання етапів	Примітка про виконання
1	Вступ	09.10.2021	
2	Розділ 1. Опис базової машини	16.10.2021	
3	Розділ 2. Дослідження механізму вушкових голок базової конструкції	30.10.2021	
4	Розділ 3. Дослідження механізму вушкових голок нової конструкції	06.11.2021	
5	Розділ 4. Конструювання механізму вушкових голок нової конструкції	13.11.2021	
6	Розділ 5. Силовий аналіз механізму коливального руху вушкових голок	27.11.2021	
7	Висновки	01.12.2021	
8	Оформлення дипломної магістерської роботи (чистовий варіант)	04.12.2021	
9	Здача дипломної магістерської роботи на кафедру для рецензування (за 14 днів до захисту)	07.12.2021	
10	Перевірка дипломної магістерської роботи на наявність ознак плагіату (за 10 днів до захисту)	11.12.2021	18% - 11%
11	Подання дипломної магістерської роботи на затвердження завідувачу кафедри (за 7 днів до захисту)	14.12.2021	

Студент

Олександр МАЧАЧА

Керівник проекту

Володимир ДВОРЖАК

Директор НМЦУПФ

Олена ГРИГОРЕВСЬКА

Анотація

Мачача О. В. Розроблення та дослідження механізму третього класу основов'язальної машини. – Рукопис. Магістерський дипломний проект для здобуття ступеня магістра за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування освітньої програми «Обладнання легкої промисловості та побутового обслуговування», Київський національний університет технологій та дизайну, Київ, 2021.

Робота присвячена аналізу та розробці механізму третього класу основов'язальної машини. Поставлені задачі аналізу механізму полягали в дослідженні призначення та галузі використання основов'язальної машини ОВ-7; дослідженні конструкції механізмів основов'язальної машини ОВ-7; кінематичному дослідженні механізму коливального руху вушкових голок основов'язальної машини ОВ-7. Поставлені задачі розробки механізму коливального руху вушкових голок основов'язальної машини полягали у геометричному синтезі механізму коливального руху вушкових голок основов'язальної машини нової конструкції, кінематичному дослідженні механізму коливального руху вушкових голок нової конструкції та силовому аналізу механізму коливального руху вушкових голок.

Ключові слова: основов'язальна машина, механізм коливального руху вушкових голок, кінематичний аналіз механізму, конструювання механізму, силовий аналіз механізму.

ANNOTATION

Machacha O. V. Development and research of the mechanism of the third class of the basic knitting machine. - Manuscript. Master's thesis project for a master's degree in the specialty 133 Industrial Engineering educational program "Equipment for light industry and consumer services", Kyiv National University of Technology and Design, Kyiv, 2021.

The work is devoted to the analysis and development of the mechanism of the third class of the basic knitting machine. The tasks of the mechanism analysis were to study the purpose and field of use of the basic knitting machine OV-7; study of the design of the mechanisms of the basic knitting machine OV-7; kinematic study of the mechanism of oscillating motion of the eyelets of the basic knitting machine OV-7. The tasks of developing the mechanism of oscillating movement of the eyelets of the warp knitting machine were geometric synthesis of the mechanism of oscillating motion of the eyelets of the warp knitting machine of new design, kinematic study of the mechanism of oscillating motion of the eyelets of the new design and force analysis of the mechanism of oscillating motion of eyelets.

Keywords: warp knitting machine, mechanism of oscillating movement of eyelets, kinematic analysis of the mechanism, design of the mechanism, force analysis of the mechanism.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. Опис базової машини	8
1.1. Загальна інформація	8
1.2. Принцип роботи основов'язальної машини ОВ-7	9
1.3. Робочі органи основов'язальної машини ОВ-7	13
1.3.1. Механізм голок	14
1.3.2. Механізм платин	16
1.3.3. Механізм преса	18
1.3.4. Механізм коливання вушковин	18
РОЗДІЛ 2. Дослідження механізму вушкових голок базової конструкції	21
2.1. Кінематичний аналіз механізму вушкових голок базової конструкції	21
2.1.1. Вхідні дані	21
2.1.2. Розрахунок функцій положення механізму	22
2.1.3. Розрахунок функцій швидкостей механізму	25
2.1.4. Розрахунок функцій прискорень механізму	28
2.2. Результати розрахунків	32
2.3. Визначення закону переміщення вушкової голки	39
РОЗДІЛ 3. Дослідження механізму вушкових голок нової конструкції	41
3.1. Метричний (геометричний) синтез	41
3.2. Кінематичний аналіз механізму вушкових голок нової конструкції	41
3.2.1. Вхідні дані	41
3.2.2. Розрахунок функцій положення механізму	42
3.2.3. Розрахунок функцій швидкостей механізму	44
3.2.4. Розрахунок функцій прискорень механізму	47
3.3. Результати розрахунків	50
3.4. Визначення закону переміщення вушкової голки	57

					МДР.ОВ7.00.00.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Розроблення та дослідження механізму третього класу основов'язальної машини Пояснювальна записка	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
Розробив	Мачача О.В.						5	93
Перевірів	Дворжак В.М.							
Т. контр.								
Н. контр.								
Затв.								
						КНУТД, каф. ПММ, гр. МгМ-20, 2021 рік		

РОЗДІЛ 4. Конструювання механізму вушкових голок нової конструкції	59
4.1. Опис процесу конструювання механізму в SolidWorks	59
4.2. Визначення маса-інерційних параметрів в SolidWorks	68
РОЗДІЛ 5. Силовий аналіз механізму коливального руху вушкових голок	78
ВИСНОВКИ	88
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	89

					МДР.ОВ7.00.00.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Розроблення та дослідження механізму третього класу основов'язальної машини Пояснювальна записка	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
Розробив	Мачача О.В.						6	93
Перевірів	Дворжак В.М.					КНУТД, каф. ПММ, гр. МгМ-20, 2021 рік		
Т. контр.								
Н. контр.								
Затв.								

ВСТУП

В нинішніх умовах ринкової економіки виробникам трикотажних виробів для успішного ведення бізнесу необхідне постійне підвищення ефективності виробництва, і одночасно з цим, зниження витрат. Важливим фактором підвищення ефективності є підвищення продуктивності, що першочергово залежить від якості трикотажного обладнання, яке використовується.

Модернізація і збільшення надійності трикотажного обладнання повинні забезпечувати зменшення собівартості та підвищенню якості трикотажних виробів. Машинобудівні підприємства повинні забезпечувати випуск трикотажних машин, впровадження яких у виробництво має збільшити продуктивність, покращити якість та знизити вартість виконуваних операцій.

Для задоволення потреб населення у різному сучасному одязі необхідні мобільні методи його виготовлення з врахуванням зміни моди, що напряду залежить від трикотажного обладнання. У трикотажній промисловості застосовуються різноманітні машини, такі як основов'язальні, круглов'язальні, плосков'язальні тощо. Тим не менш, залишається потреба у розробці нових, досконаліших трикотажних машин, і вдосконалення існуючих. Важливу роль відіграє вплив часу, що витрачається для проектування, розробки конструкторської документації, виготовлення та впровадження машин. При застосуванні сучасної комп'ютерної техніки на кожному етапі дає змогу розширити можливості машинобудівних фірм, зменшити час, що витрачається на проектування і випробовування нової техніки, чим значно здешевити виробництво, а також збільшити конкурентоспроможність.

					МДР.ОВ7.00.00.ПЗ	Аркуш
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		7

РОЗДІЛ 1. Опис базової машини

1.1. Загальна інформація

Основов'язальні машини мають плоску голочницю. Для них характерно одночасне утворення петель по всій її робочій ширині, яка доходить в деяких машинах до 6000 мм. Їх виготовляють з крючковими, язичковими та движковими голками. У зв'язку з великою швидкістю, особливу увагу при проектуванні основов'язальних машин доводиться приділяти зменшенню інерційних навантажень, які виникають під час їх роботи.

В основов'язальних машинах нитководи (вушковини), які здійснюють прокладання ниток на голки, кріпляться до спільної рухомої лінійки, утворюючи так звану гребінку. Зазвичай на кожну голку основов'язальної машини прикладається дві нитки, одразу з двох гребінок.

Число гребінок в основов'язальних машинах може бути і більше двох. У машин з крючковими голками число гребінок як правило не перевищує чотирьох. Але для збільшення технологічних можливостей такі машини забезпечують нарізним пресом, механізмом для відключення преса і іншими пристроями. За допомогою таких пристроїв на основов'язальних полотнах отримують різноманітні однокольорові випуклі візерунки.

Основов'язальні машини можуть бути однофонтурними та двофонтурними. Однофонтурні машини з крючковими голками розрізняють високого і низького класів. Найбільше розповсюдження отримали основов'язальні машини високого – 16-го класу. На таких машинах в'яжуть полотна зі штучного шовку і капрону, призначені для пошиття білизни і легких трикотажних виробів.

Основов'язальні машини низького класу (рашель-вертілки) виробляють полотна, з яких вишивають верхні трикотажні вироби. Сучасні машини такого типу проектують подібно машинам високого класу.

З однофонтурних основов'язальних машин з крючковими голками розроблена машина високого класу – ОВ-7. Також випускалась три-гребінкова машина ОВ-8, на якій можна виробляти трикотаж з більш складним візерунком

					МДР.ОВ7.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

1.2. Принцип роботи основов'язальної машини ОВ-7

Для характеристики руху будь якого петлетвірного органу проскої трикотажної машини з голками, нерухомими відносно голочниці, такої як основов'язальна або катонна, зручно виділити у нього точку, переміщення якої повністю відображає виконувану ним операцію. Умовно назвемо точку, виділену на петлетвірному органі, робочою.

Петлетвірні органи машини ОВ-7 це: голка, платина, прес і вушковина. В крючкової голці ра робочу зручно прийняти внутрішню точку крючка; в платині – найбільш віддалену точку горловини; в пресі – точку, що лежить на його верхній грані; у вушковині – вершину отвору для нитки. Впродовж одного оберту головного валу трикотажної машини робочі точки її петлетвірних органів займуть на своїх траєкторіях усі позиції, необхідні для утворення нової петлі, і знову повернуться у свої вихідні положення.

В плоских трикотажних машинах петлетвірні органи виконують лише плоский рух. Необхідно розрізняти простий та складний плоскі рухи. Якщо робоча точка будь-якого петлетвірного органу рухається по замкненій траєкторії, то його рух необхідно віднести до складного.

Зазвичай робочі точки петлетвірних органів плоских машин рухаються по дугам кіл або відрізкам прямих. Такий рух називається простим. Якщо петлетвірний орган виконує простий рух, то положення робочої точки на її траєкторії можна визначити або кутом повороту важеля, несучого петлетвірний орган, або відповідним поступальним переміщенням його. В такому випадку можна говорити не про рух робочої точки, а про рух усього важеля, який переміщує петлетвірний орган.

Проектуючи машину з голками, нерухомими відносно голочниці, для характеристики переміщень робочих точок різних петлетвірних органів машини по своїм траєкторіям створюють циклові діаграми, які показують послідовність цих рухів у часі.

Циклові діаграми розрізняють двох видів.

Діаграму, яка відображує лише факт руху петлетвірних органів за один оберт головного валу машини, що дає підстави називати її круговою. Таку діаграму

					МДР.ОВ7.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

зазвичай будують у вигляді ряду концентричних кіл.

Діаграму, яка показує закони руху робочих точок петлетвірних органів по своїм траєкторіям. Таку діаграму, що називається діаграмою переміщень, будують в прямокутних координатах, зображаючи один під іншим графіки переміщень робочих точок окремих петлетвірних органів. Якщо петлетвірні органи виконують простий рух, то замість робочих точок можна розглядати рух важелів, несучих петлетвірні органи, а переміщення характеризувати кутами повороту або лінійними зміщеннями важелів.

Кругова циклограма машини ОВ-7.

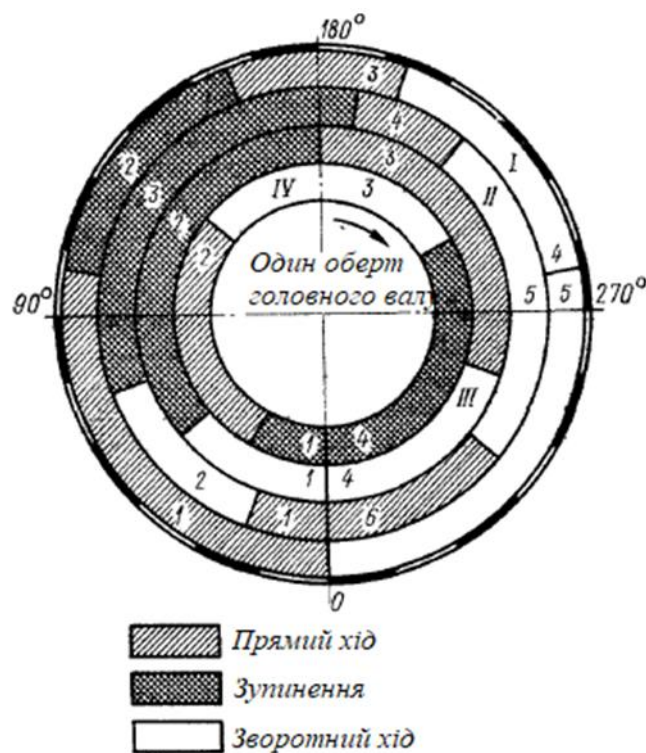


Рис. 1.1. Кругова циклова діаграма машини ОВ-7

Основним петлетвірним органом є крючкова голка. Розглядаючи рух вушковини, наприклад, нижнього навою (передньої гребінки), будемо враховувати лише її прокачування, не беручи до уваги її зсуви вздовж голочниці. Кожному петлетвірному органу машини ОВ-7 приписуємо своє кільце (рис. 1.1): зовнішнє кільце I відображає переміщення крючкової голки, II – платини, III – пресу і IV – прокачування вушковини нижнього навою.

Розбивка кута повороту головного валу машини ОВ-7 на окремі етапи руху

№ ділянки (див. рис. 1.1)	Кут повороту φ_1 , град.	Протяжність φ_1 окремих ділянок, град.	Назва етапу руху	Назва моменту петлетворення
Крючкова голка				
1	100	100	Підйом від нижнього положення (прямий хід)	Відтяжка, заклучення
2	160	60	Вистій для прокладання нитки на крючок голки	Прокладання
3	200	40	Додатковий підйом для переведення прокладеної нитки з крючка на стержень (прямий хід)	Додатковий підйом
4	250	60	Опускання голки до моменту підходу до неї пресу (зворотний хід)	Винесення, пресування
5	360	100	Опускання голки після початку пресування (зворотний хід)	Нанесення, з'єднання, формування
Платина				
1	20	20	Закінчення руху до фронту машини, при якому горловина платини заходить за спинку голки (прямий хід)	Відтягування
2	70	50	Рух всередину машини (зворотний хід)	Заклучення
3	190	120	Вистій платини при заклученні і прокладанні	Заклучення, прокладання, додатковий підйом
4	220	30	Повторне висування платини до фронту машини (прямий хід)	Винесення
5	310	90	Рух всередину машини (зворотний хід)	Пресування, нанесення
6	360	50	Початок руху до фронту машини (прямий хід)	З'єднання, формування

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

МДР.ОВ7.00.00.ПЗ

Аркуш

11

№ ділянки (див. рис. 1.1)	Кут повороту φ_1 , град.	Протяжність φ_1 окремих ділянок, град.	Назва етапу руху	Назва моменту петлетворення
Прес				
1	50	50	Продовження руху від голки (зворотний хід)	Відтягування, заклучення
2	180	130	Зупинка перед рухом до голки	Прокладання, додатковий підйом
3	290	110	Рух до голки для пресування (прямий хід)	Додатковий підйом і т. д. до пресування
4	360	70	Рух від голки після пресування (зворотний хід)	Нанесення, з'єднання, формування
Прокачування вушківин				
1	30	30	Вистій за спинками голок	Відтягування, заклучення
2	130	100	Прокачування вушківини (прямий хід)	Заклучення, прокладання
3	240	110	Зворотне прокачування і повернення у вихідне положення (зворотний хід)	Прокладання, додатковий підйом, винесення
4	360	120	Вистій за спинками голок	Винесення і т. д. до формування

Діаграма переміщень машини ОВ-7

Кругова циклова діаграма відображає лише факт руху петлетвірних органів у певній послідовності, залишаючи відкритим питання про характер їх переміщень і взаємодій. Цей недолік відсутній на діаграмі переміщень. На відміну від кругової діаграми вона будується (рис. 1.2) у зображених одна під іншою прямокутних координатних системах, де по осям ординат відкладається переміщення відповідних робочих точок (мм), а по осям абсцис – кути повороту головного валу. При цьому, будуючи діаграму переміщень для основов'язальної машини, приймаємо збільшення її ординат відображати підйом голки і рух платин, пряму

					МДР.ОВ7.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

і вушковин назад, всередину машини.

Слід відмітити, що потрібно розрізняти необхідну та фактичну, яка має місце у вже спроектованій машині, діаграми переміщень. Особливо це стосується машин, де петлетвірні органи приводяться в рух шарнірними механізмами, тому що шарнірні механізми можуть здійснювати необхідні закони руху лише наближено.

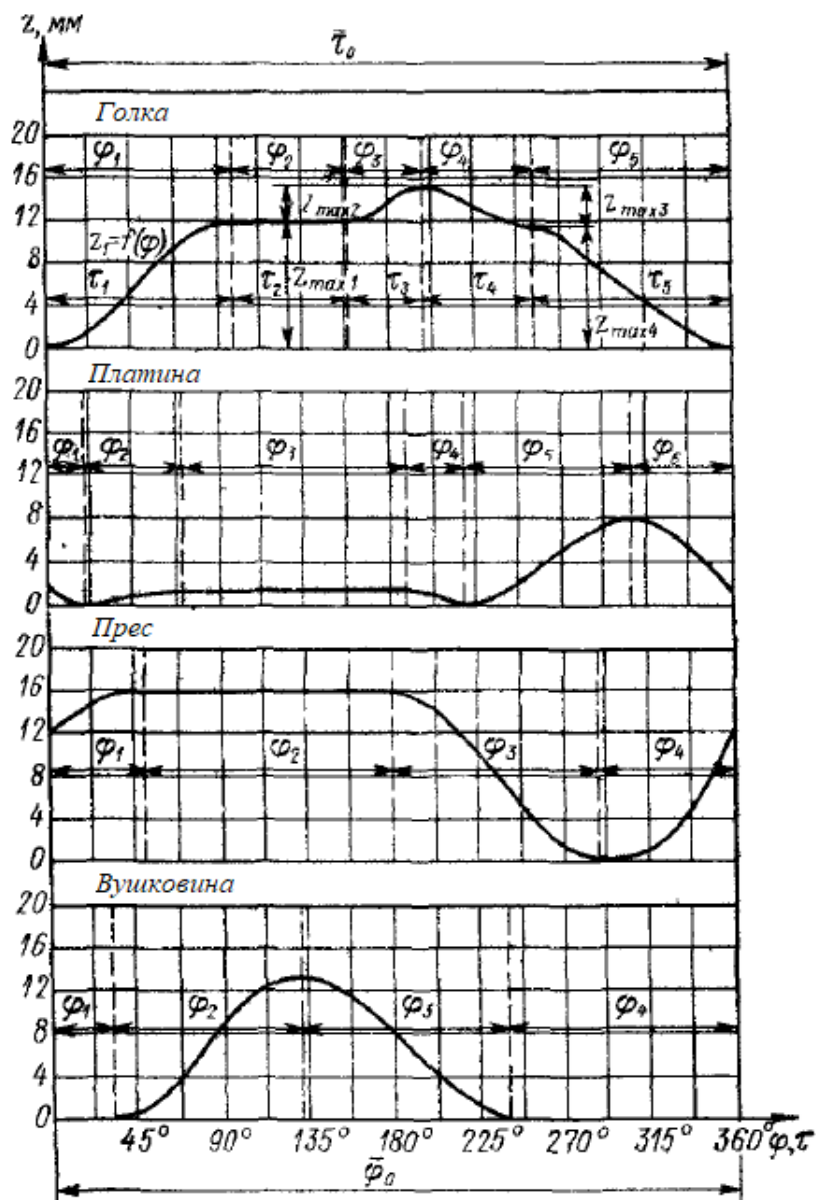


Рис. 1.2. Необхідна діаграма переміщень машини ОВ-7

1.3. Робочі органи основов'язальної машини ОВ-7

Основними робочими (петлетвірними) органами основов'язальної машини ОВ-7 є крючкова голка, платина, прес і вушківина.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

1.3.1. Механізм голок

У машині ОВ-7 плитки 2, у які залиті по три голки 1, монтується на голочниці 3 (рис. 1.3), виконаної з легкого сплаву, у вигляді лінійки. Для полегшення монтажу кожна плитка має вертикальні і горизонтальні виступи, які входять у відповідні пази голочниці. За допомогою притискної планки 4 плитки надійно закріплюються на голочниці. За допомогою притискної планки 4 плитки надійно закріплюються на голочниці.

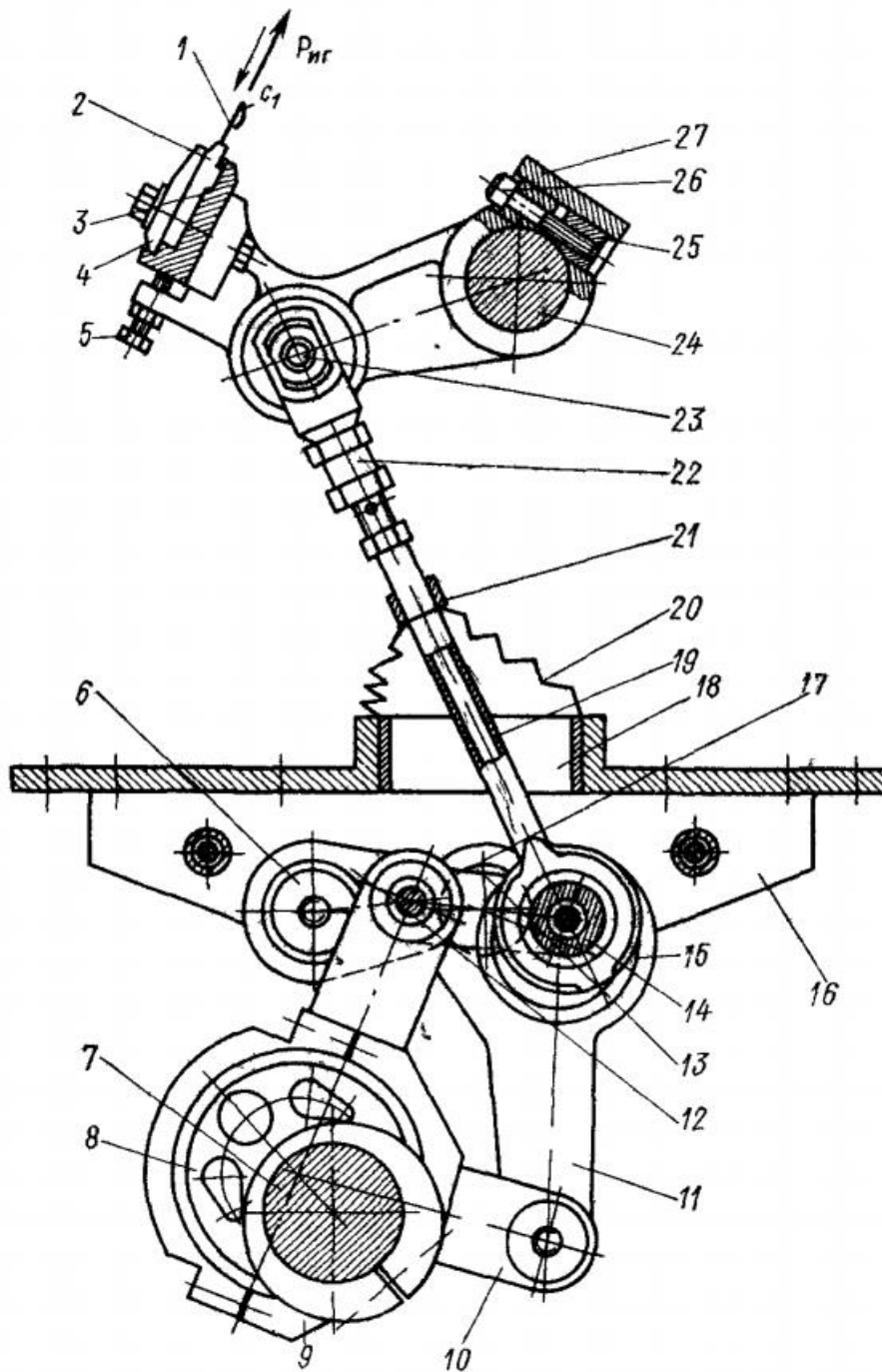


Рис. 1.3. Механізм голок машини ОВ-7

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МДР.ОВ7.00.00.ПЗ

Аркуш

14

В процесі роботи машини голочниця, не доходячи до свого крайнього верхнього положення, повинна мати вистій. Тому вона приводиться у рух складним шарнірним механізмом, кінематична схема якого представлена на рис. 1.4 а. Точка C_1 цього механізму відповідає робочій точці голки (рис. 1.3).

Як видно з кінематичної схеми (рис. 1.4, а), основою механізму голок є два шарнірних чотири-ланкових механізми O_1ABO_2 і O_1ACO_3 . Від цих чотири-ланкових механізмів за допомогою діади BED і тяги EF рух передається важелю O_4F , на якому закріплена голочниця.

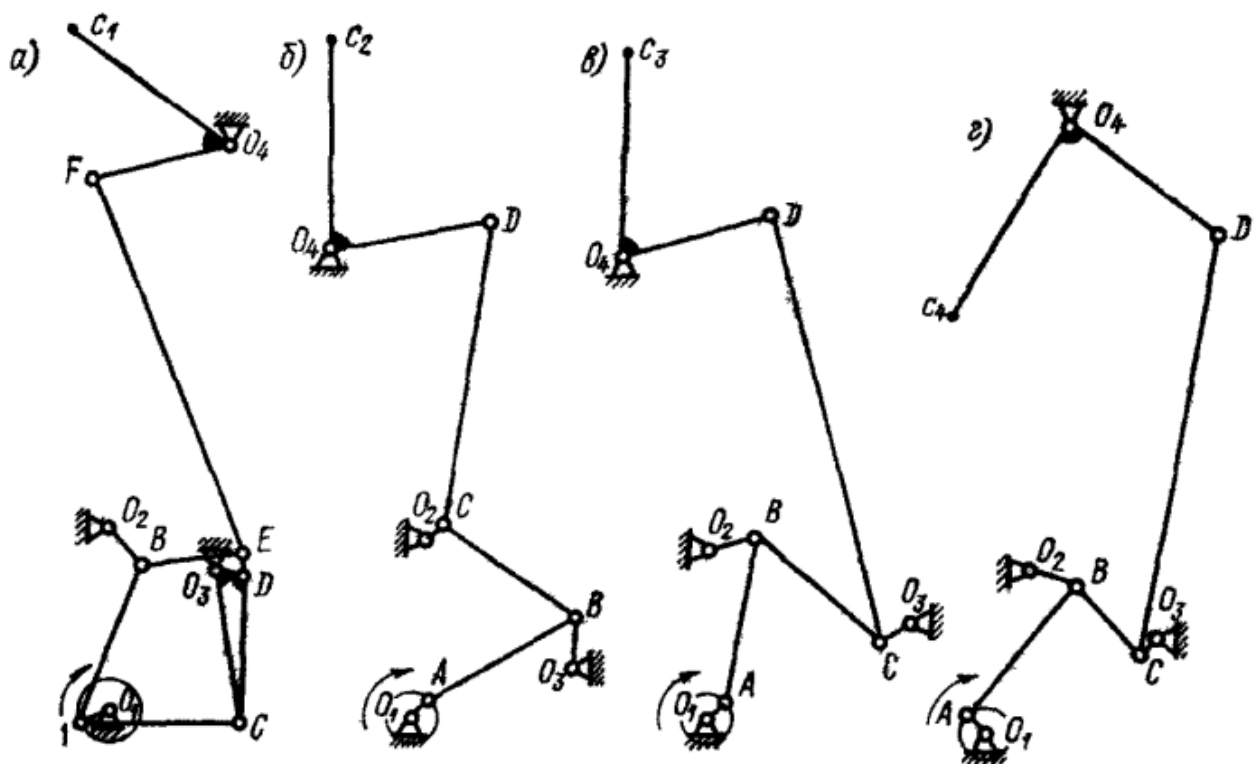


Рис. 1.4. Кінематичні схеми механізмів, що приводять у рух петлетвірні органи машини ОВ-7

Відповідно до описаної кінематичної схеми, механізм голок має наступну конструкцію (див. рис. 1.3).

На головний вал 7 машини насаджено широкий ексцентрик 8, який є спільним кривошипом обох шарнірних механізмів, описаних раніше. На цей ексцентрик

одночасно надіто шатуни 9 і 10, причому шатуни 10 спарені. Спарені шатуни 10, що належать другому механізму, шарнірно зв'язані з фасонними ланками 11, які коливаються на нерухомих цапфах 13, закріплених на бокових стінках коробки 16. Треті шарніри ланок 11 за допомогою ексцентричної рухомої ланки 15 і трубчастої осі 14 з'єднані з голковою тягою 19. Виконання ланки 15 у вигляді ексцентрика викликано його дуже малою довжиною (розмір ED на рис. 1.4, а)

Шатун 9 першого механізму передає рух спареним коромислам 12, нерухомою осі яких також виконані у вигляді цапф 6. У свою чергу, коромисла 12 за допомогою ланок 17 з'єднані з трубчастою віссю 14 голкової тяги.

Голкова тяга передає рух коливному важелю 27, який з'єднано з нею шарніром 23. Цей важіль, підтримуючий голочницю 3, укріплено за допомогою сухариків 25 і стягуючого болта 26 на валу 24, що називається голковим. Наявність на тязі регулювальної втулки 22 дає можливість у випадку необхідності змінювати її довжину, що необхідно при встановленні голочниці по висоті. Всього голочницю підтримують сім важелів 27, укріплених з рівним інтервалом на валу 24. Три з них приводяться у рух трьома однаковими вищеописаними механізмами, а чотири лише підтримують голочницю. Встановлення голочниці в горизонтальне положення виконується болтами 5. Отвори в кришці коробки 16, куди проходить тяга 19, закрито гофрованою конічною трубкою 20 з масло-стійкої гуми. Кріплення трубки до кришки у тязі здійснюється кільцями 18 і 21.

1.3.2. Механізм платин

Плитки 1 з платинами 2 монтують на спільній лінійці 3, що називається платинним брусом (рис. 1.5). Приводиться у рух платинний брус механізмом, кінематична схема якого показана на рис. 1.4, б. Цей механізм набагато простіше, ніж у голочниці, що пояснюється менш складним законом руху, яким має володіти робоча точка C_2 платини.

					МДР.ОВ7.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

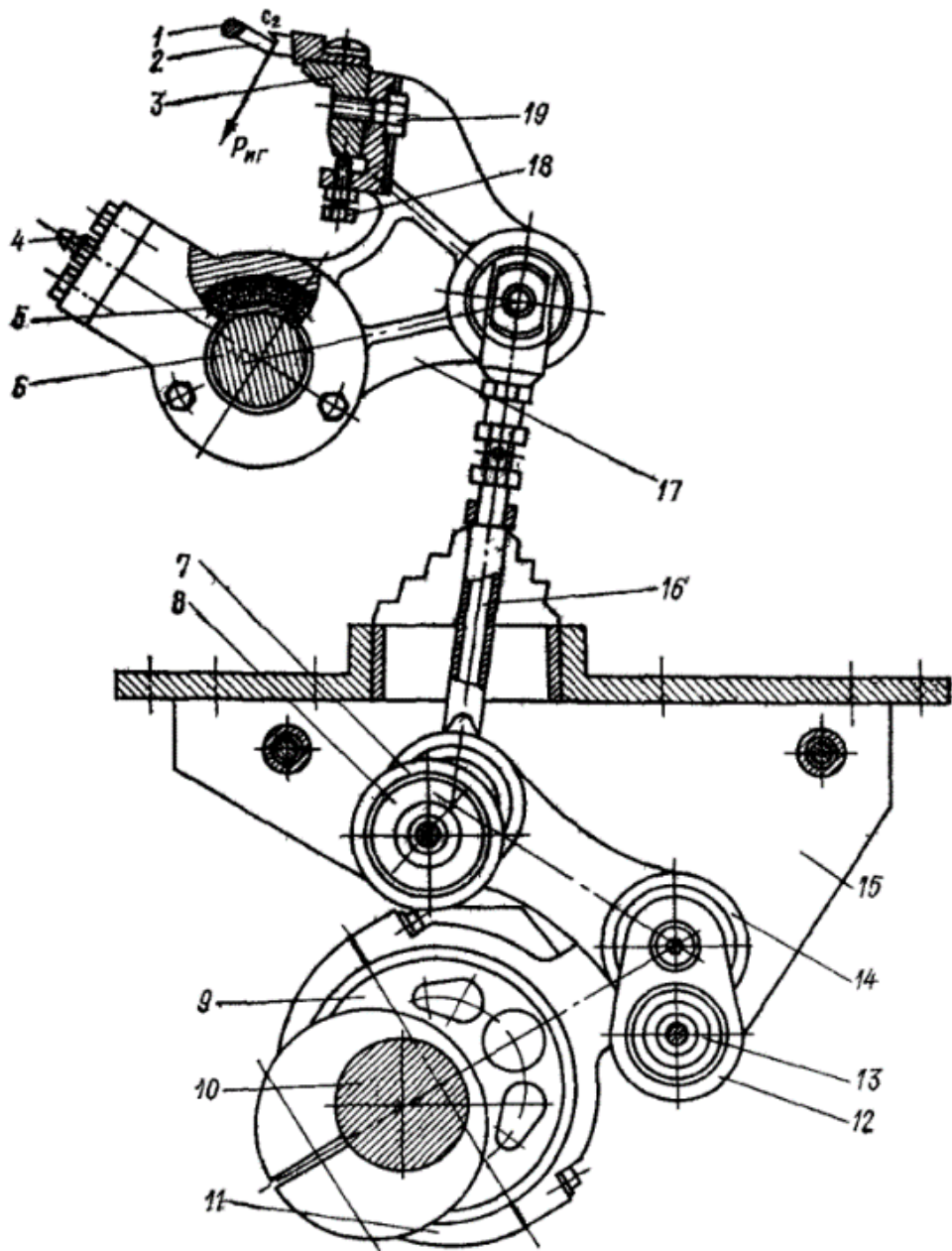


Рис. 1.5. Механізм платин машини ОВ-7

Ведучою ланкою механізму платин (рис. 1.5) є ексцентрик 9, укріплений на головному валу 10. На ексцентрик надіто шатун 11, шарнірно зв'язаний зі спареними ланками 12 і 14. Спарені ланки 14 шарнірно зв'язані з тягою 16, яка приводить у рух важіль 17, на якому укріплено платинний брус 3. Одночасно тяга 16 з'єднана з ексцентричними ланками 7, нерухомі осі яких також виконані у вигляді цапф 8.

Як і голочницю, платинний брус підтримують сім важелів 17, з яких лише три

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МДР.ОВ7.00.00.ПЗ

Аркуш

17

є робочими, тобто приводяться у рух від головного валу машини. Платинний брус прикріплений до важелів болтами 19, а в горизонтальне положення встановлюється за допомогою болтів 18.

Особливістю конструкції механізму є відсутність зв'язку важелів 17 зі своїм валом 6, тому що важелі обертаються на цьому валу вільно на голкових підшипниках 5. Змащування підшипників забезпечується масляною 4. Вал 6 належить механізму пресу і коливається разом з пресом. Однак на валу 6 передбачено (не показано на рис. 1.5) регулювання для встановлення платин посередині крючкових голок.

1.3.3. Механізм преса

Прес 1 представляє собою тонку фіброву пластинку (рис. 1.6), яка прикріплюється до кутника 2, що називається лінійкою пресу. Прес отримує колильний рух від механізму, аналогічного за структурою механізму платин (рис. 1.4, в). Відмінність лише в деяких кінематичних розмірах і в тому, що важелі 3, які утримують лінійку пресу (рис. 1.6), укріплені на валу за допомогою сухариків 5 і болта 6, а не обертаються кожен окремо. Крім того, точка C_3 механізму буде тепер відповідати верхній грані пресу, який має знизу фаску.

1.3.4. Механізм коливання вушковин

В процесі роботи машини ОВ-7 її гребінки з вушковинами коливаються між крючкових голок і здійснюють повздовжні зсуви. В результаті цих рухів здійснюється прокладання ниток на голки.

Машина ОВ-7 має дві гребінки (рис. 1.7): задню 1 і передню 2 (верхнього і нижнього навою). Коливання гребінок здійснює механізм, кінематична схема якого показана на рис. 1.4, г. В структурі механізму коливання гребінок є багато спільного з механізмом платин (див. рис. 1.4, б). Принципові відмінності будуть лише у розміщенні по висоті нерухомого шарніру O_4 , в довжині тяги CD і розміщенні робочої точки C_4 вушковини.

В цьому механізмі (рис. 1.7) ведучий ексцентрик 3, укріплений на головному валу 4, передає рух за допомогою шатуна 5 спареним коромислам 6. Нерухомі вісі

					МДР.ОВ7.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

цих коромисел виконані у вигляді цапф 7, укріплених у бокових стінках коробки 11. Потім рух за допомогою двох паралельних ланок 8 передається тязі 12. При цьому нижній кінець тяги, як і в інших механізмах, зв'язаний з коливними ексцентриками 9, нерухомі осі яких виконані також у вигляді цапф 10.

Тяга 12 шарнірно зв'язана з важелем 13, укріпленим за допомогою сухариків 14 і болта 15 на валу 16, що називається валом вушковин. В результаті обертання головного валу машини вушковини 1 і 2 гребінок, коливаючись разом з валом 16, будуть виконувати коливання між в'язучими голками. Одночасно з коливанням вушковини отримують зсуви, які в машині ОВ-7 можуть виконуватись узорним ланцюгом або кулачками.

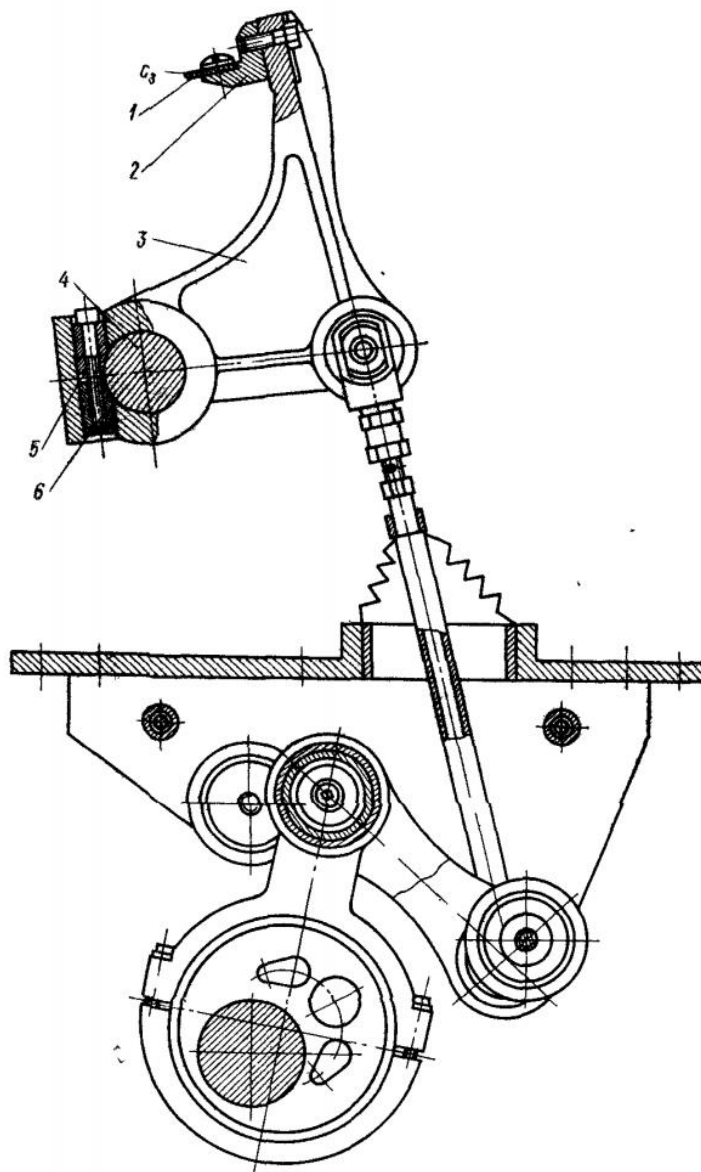


Рис. 1.6. Механізм пресу машини ОВ-7

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МДР.ОВ7.00.00.ПЗ

Аркуш

19

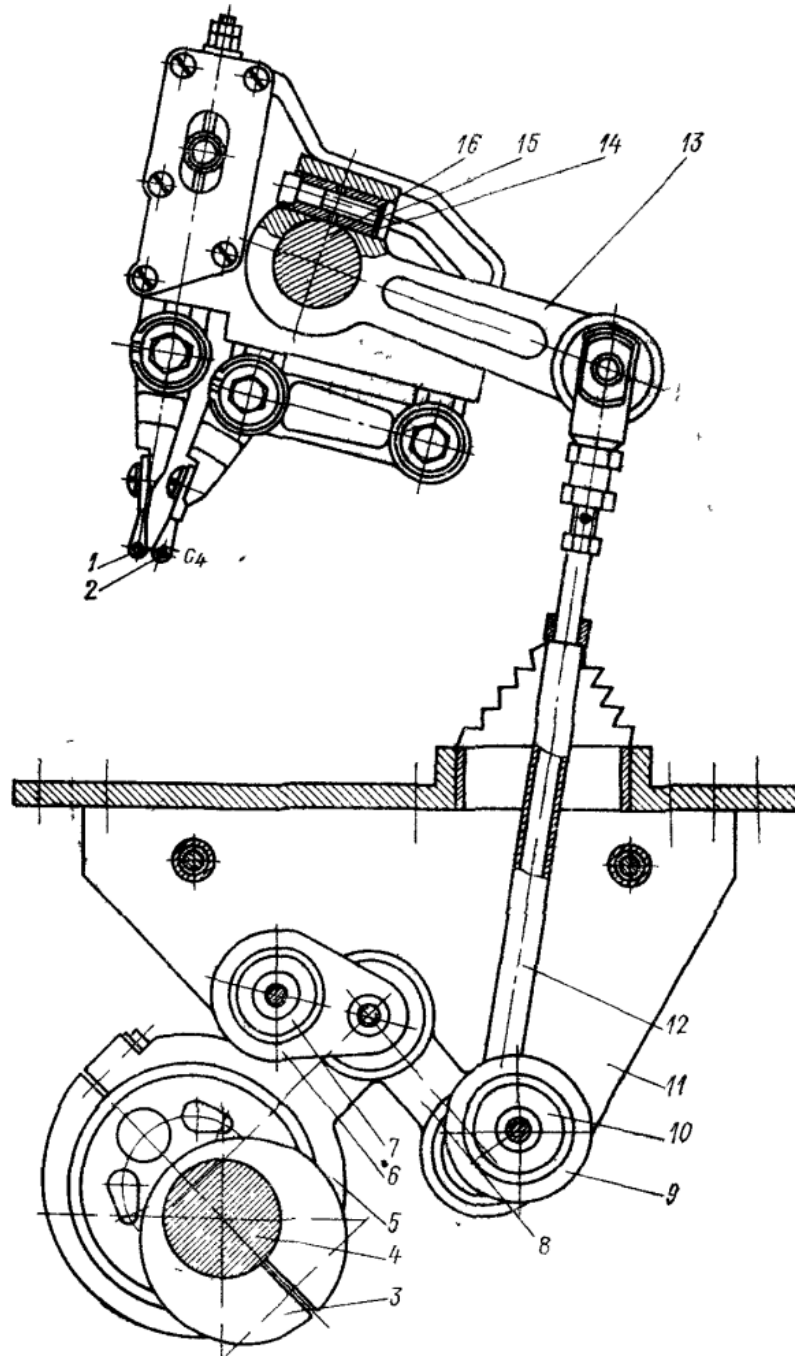


Рис. 1.7. Механізм коливання вушковин машини ОВ-7

Висновок. Визначено призначення та технічна характеристика основ'язальної машини ОВ-7, досліджено будову та циклограму робочих органів основ'язальної машини ОВ-7.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МДР.ОВ7.00.00.ПЗ

Аркуш

20

РОЗДІЛ 2. Дослідження механізму вушкових голок базової конструкції

2.1. Кінематичний аналіз механізму вушкових голок базової конструкції

Кінематичний аналіз механізму вушкових голок виконується для визначення функцій положень, функцій лінійних швидкостей та лінійних прискорень точок, функцій кутових швидкостей та кутових прискорень ланок.

Інструментом для аналізу механізму вушкових голок є векторний метод аналізу основою якого є векторна алгебра.

2.1.1. Вхідні дані

Абсциса кінематичної пари 1:	$X_1 = 0$ мм
Ордината кінематичної пари 1:	$Y_1 = 0$ мм
Апліката кінематичної пари 1:	$Z_1 = 0$ мм
Абсциса кінематичної пари 4:	$X_4 = 26$ мм
Ордината кінематичної пари 4:	$Y_4 = 98.7$ мм
Апліката кінематичної пари 4:	$Z_4 = 0$ мм
Абсциса кінематичної пари 6:	$X_6 = 105.3$ мм
Ордината кінематичної пари 6:	$Y_6 = 58.4$ мм
Апліката кінематичної пари 6:	$Z_6 = 0$ мм
Абсциса кінематичної пари 8:	$X_8 = 46$ мм
Ордината кінематичної пари 8:	$Y_8 = 533$ мм
Апліката кінематичної пари 8:	$Z_8 = 0$ мм
Довжина кривошипа 1-2:	$L_{1-2} = 14.9$ мм
Довжина шатуна 2-3:	$L_{2-3} = 105$ мм
Довжина коромисла 3-4:	$L_{4-3} = 31$ мм
Довжина шатуна 3-5:	$L_{3-5} = 61$ мм
Довжина коромисла 6-5:	$L_{6-5} = 13$ мм
Довжина шатуна 5-7:	$L_{5-7} = 423$ мм
Довжина коромисла 8-7:	$L_{8-7} = 115$ мм
Довжина відростка коромисла 8-9:	$L_{8-9} = 136.8$ мм

Варіант складання діади (двоповідкової групи) 2-3-4:	$W_{2-3-4} = -1$
Варіант складання діади (двоповідкової групи) 5-7-8:	$W_{5-7-8} = -1$
Варіант складання діади (двоповідкової групи) 3-5-6:	$W_{3-5-6} = -1$
Кут, що визначає положення відростка 3-5:	$U_{7-8-9} = -84^0$
Швидкість обертання кривошипа 1-2:	$n = 928.2 \text{ об/хв}$
Початкове положення кривошипа 1-2:	$\varphi_0 = 0^0$
Кутова швидкість кривошипа 1-2:	$\omega_1 = -97.2 \text{ с}^{-1}$
Кутове прискорення кривошипа 1-2:	$\varepsilon_1 = 0 \text{ с}^{-2}$
Напрямок обертання кривошипа 1-2:	$Rot_1 = -1$
Кількість положень механізму:	$N_{POL} = 12$
Початкове положення кривошипа вушкових голок	$\varphi_{M0} = 181.84^0$

2.1.2. Розрахунок функцій положення механізму

Визначення максимального (кінцевого) значення кута повороту ведучого кривошипа:

$$\varphi_{max} := \varphi_0 + Rot_1 \cdot 360$$

Визначення кроку зміни узагальненої координати для положень механізму:

$$\Delta\varphi_1 := \frac{\varphi_{max} - \varphi_0}{N_{POL}}$$

Визначення поточного кута повороту кривошипа:

$$\varphi_1 := \varphi_0, \varphi_0 + \Delta\varphi_1 \cdot \varphi_{max}$$

Визначення поточного кута повороту кривошипа механізму вушкових голок:

$$\varphi_{M1}(\varphi_1) := \varphi_1 + \varphi_{M0}$$

Визначення максимального значення кута повороту кривошипа механізму вушкових голок:

$$\varphi_{Mmax} := \varphi_{M0} + Rot_1 \cdot 360$$

Складаємо вектори-стовпчики координат стояків P₁, P₄, P₆, P₈:

$$P_1 := \begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{pmatrix}; \quad P_4 := \begin{pmatrix} X_4 \\ Y_4 \\ Z_4 \end{pmatrix}; \quad P_6 := \begin{pmatrix} X_6 \\ Y_6 \\ Z_6 \end{pmatrix}; \quad P_8 := \begin{pmatrix} X_8 \\ Y_8 \\ Z_8 \end{pmatrix}$$

					МДР.ОБ7.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Визначимо «функцію повороту вектору» $\rho(r, \alpha, NewLong)$, для чого необхідно вихідний вектор r , що лежить у площині XY , повернути на кут α навколо осі Z зі зміною його довжини:

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

де r – вихідний вектор, що повертають;

α – кут повороту вихідного вектору;

$NewLong$ – нова довжина вектору.

Одиничні орти осей координат позначимо як:

$$e_X := \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}; \quad e_Y := \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}; \quad e_Z := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

Визначимо вектор функції положення кривошипа 1-2:

$$P_{1,2}(\varphi_1) := \rho_Z(e_X, \varphi_{M1}(\varphi_1), L_{1,2}).$$

Функцію положення кінематичної пари «кривошип 1-2» та «шатун 2-3» визначаємо як вектор-точку P_2 , тобто як суму вектору-точки P_1 та вектору ланки кривошипа $P_{1,2}$:

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

Функцію положення вектору змінної довжини $P_{4,2}$ визначаємо як різницю векторів-точок P_2 та P_4 :

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

Для подальших розрахунків потрібно ввести ще одну «функцію користувача». Вираз для обчислення кута трикутника (довжина кожної зі сторін якого повинна бути менше суми двох інших) за теоремою косинусів має вигляд:

$$T_{cos}(L_1, L_2, l_3) := \arccos\left(\frac{L_1^2 + L_2^2 - L_3^2}{2 \cdot L_1 \cdot L_2}\right)$$

де L_1 і L_2 – сторони трикутника, що прилеглі до шуканого кута;

L_3 – сторона трикутника, протилежна до шуканого кута.

Тоді кут $U_{2,4,3}$ між векторами-ланками $P_{4,2}$ та $P_{4,3}$:

$$U_{2,4,3}(\varphi_1) := T_{cos}(|P_{4,2}(\varphi_1)|, L_{4,3}, L_{2,3})$$

Визначаємо вектор функції положення коромисла 4-3:

					МДР.ОБ7.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

$$P_{4_3}(\varphi_1) := \rho_Z(P_{4_2}(\varphi_1), -W_{2_3_4} \cdot U_{2_4_3}(\varphi_1), L_{4_3}).$$

Визначаємо функцію положення вектор-точки P_3 :

$$P_3(\varphi_1) := P_4 + P_{4_3}(\varphi_1)$$

Визначаємо функцію положення вектор-ланки P_{2_3} :

$$P_{2_3}(\varphi_1) := P_3(\varphi_1) - P_2(\varphi_1)$$

Визначаємо вектор функції положення вектор-ланки P_{6_3} :

$$P_{6_3}(\varphi_1) := P_3(\varphi_1) - P_6$$

Визначаємо кут $U_{3_5_6}$ між векторами-ланками P_{6_3} та P_{6_5} :

$$U_{3_5_6}(\varphi_1) := T_{\cos} (|P_{6_3}(\varphi_1)|, L_{6_5}, L_{3_5})$$

Визначаємо вектор функції положення коромисла 6-5:

$$P_{6_5}(\varphi_1) := \rho_Z(P_{6_3}(\varphi_1), -W_{3_5_6} \cdot U_{3_5_6}(\varphi_1), L_{6_5}).$$

Визначаємо функцію положення вектор-точки P_5 :

$$P_5(\varphi_1) := P_6 + P_{6_5}(\varphi_1)$$

Визначаємо функцію положення вектор-ланки P_{3_5} :

$$P_{3_5}(\varphi_1) := P_5(\varphi_1) - P_3(\varphi_1)$$

Визначаємо вектор функції положення вектор-ланки P_{8_5} :

$$P_{8_5}(\varphi_1) := P_5(\varphi_1) - P_8$$

Визначаємо кут $U_{5_7_8}$ між векторами-ланками P_{8_5} та P_{8_7} :

$$U_{5_7_8}(\varphi_1) := T_{\cos} (|P_{8_5}(\varphi_1)|, L_{8_7}, L_{5_7})$$

Визначаємо вектор функції положення коромисла 8-7:

$$P_{8_7}(\varphi_1) := \rho_Z(P_{8_5}(\varphi_1), -W_{5_7_8} \cdot U_{5_7_8}(\varphi_1), L_{8_7}).$$

Визначаємо функцію положення вектор-точки P_7 :

$$P_7(\varphi_1) := P_8 + P_{8_7}(\varphi_1)$$

Визначаємо функцію положення вектор-ланки P_{5_7} :

$$P_{5_7}(\varphi_1) := P_7(\varphi_1) - P_5(\varphi_1)$$

Визначаємо функцію положення вектора ланки P_{8_9} :

$$P_{8_9}(\varphi_1) := \rho_Z(P_{8_7}(\varphi_1), U_{7_8_9}, L_{8_9}).$$

Визначаємо функцію положення вектор-точки P_9 :

$$P_9(\varphi_1) := P_8 + P_{8_9}(\varphi_1)$$

Визначаємо функцію кута φ_{2_3} повороту шатуна 2-3 (використовуючи вбудовану в *MathCAD* функцію *atan2*, яка визначає найменший з кутів між вектором та віссю абсцис:

$$\varphi_{2_3}(\varphi_1) := \text{atan2}(P_{2_3}(\varphi_1)_X, P_{2_3}(\varphi_1)_Y) \cdot \text{deg}^{-1}$$

Визначаємо функцію кута φ_{4_3} повороту коромисла 4-3:

$$\varphi_{4_3}(\varphi_1) := \text{atan2}(P_{4_3}(\varphi_1)_X, P_{4_3}(\varphi_1)_Y) \cdot \text{deg}^{-1}$$

Визначаємо функцію кута φ_{3_5} повороту відростка шатуна 3-5:

$$\varphi_{3_5}(\varphi_1) := \text{atan2}(P_{3_5}(\varphi_1)_X, P_{3_5}(\varphi_1)_Y) \cdot \text{deg}^{-1}$$

Визначаємо функцію кута φ_{6_5} повороту відростка шатуна 6-5:

$$\varphi_{6_5}(\varphi_1) := \text{atan2}(P_{6_5}(\varphi_1)_X, P_{6_5}(\varphi_1)_Y) \cdot \text{deg}^{-1}$$

Визначаємо функцію кута φ_{5_7} повороту відростка шатуна 5-7:

$$\varphi_{5_7}(\varphi_1) := \text{atan2}(P_{5_7}(\varphi_1)_X, P_{5_7}(\varphi_1)_Y) \cdot \text{deg}^{-1}$$

Визначаємо функцію кута φ_{8_7} повороту відростка шатуна 8-7:

$$\varphi_{8_7}(\varphi_1) := \text{atan2}(P_{8_7}(\varphi_1)_X, P_{8_7}(\varphi_1)_Y) \cdot \text{deg}^{-1}$$

Визначаємо функцію кута φ_{8_9} повороту відростка шатуна 8-9:

$$\varphi_{8_9}(\varphi_1) := \text{atan2}(P_{8_9}(\varphi_1)_X, P_{8_9}(\varphi_1)_Y) \cdot \text{deg}^{-1}$$

2.1.3. Розрахунок функцій швидкостей механізму

Визначення векторів функцій аналогів лінійних швидкостей точок

Визначаємо вектор функції аналога лінійної швидкості точки 3 відносно точки 2:

$$V_{a_{2_3}}(\varphi_1) := r'(P_{2_3}, \varphi_1)$$

Визначаємо вектор функції аналога лінійної швидкості точки 3 відносно точки 4:

$$V_{a_{4_3}}(\varphi_1) := r'(P_{4_3}, \varphi_1)$$

Визначаємо вектор функції аналога лінійної швидкості точки 5 відносно точки 3:

$$V_{a_{3_5}}(\varphi_1) := r'(P_{3_5}, \varphi_1)$$

					МДР.ОБ7.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Визначаємо вектор функції аналога лінійної швидкості точки 5 відносно точки 6:

$$V_{a_{6_5}}(\varphi_1) := r'(P_{6_5}, \varphi_1)$$

Визначаємо вектор функції аналога лінійної швидкості точки 7 відносно точки 5:

$$V_{a_{5_7}}(\varphi_1) := r'(P_{5_7}, \varphi_1)$$

Визначаємо вектор функції аналога лінійної швидкості точки 7 відносно точки 8:

$$V_{a_{8_7}}(\varphi_1) := r'(P_{8_7}, \varphi_1)$$

Визначаємо вектор функції аналога лінійної швидкості точки 9 відносно точки 8:

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

Визначення векторів функцій аналогів кутових швидкостей векторів-ланок

Визначаємо вектор функції аналога кутової швидкості вектора-ланки P₂₋₃:

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

Визначаємо вектор функції аналога кутової швидкості вектора-ланки P₄₋₃:

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

Визначаємо вектор функції аналога кутової швидкості вектора-ланки P₃₋₅:

$$\omega_{a_{3_5}}(\varphi_1) := \omega_a(P_{3_5}(\varphi_1), V_{a_{3_5}}(\varphi_1))$$

Визначаємо вектор функції аналога кутової швидкості вектора-ланки P₆₋₅:

$$\omega_{a_{6_5}}(\varphi_1) := \omega_a(P_{6_5}(\varphi_1), V_{a_{6_5}}(\varphi_1))$$

Визначаємо вектор функції аналога кутової швидкості вектора-ланки P₅₋₇:

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

Визначаємо вектор функції аналога кутової швидкості вектора-ланки P₈₋₇:

$$\omega_{a_{8_7}}(\varphi_1) := \omega_a(P_{8_7}(\varphi_1), V_{a_{8_7}}(\varphi_1))$$

Визначаємо вектор функції аналога кутової швидкості вектора-ланки P₈₋₉:

					МДР.ОБ7.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

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

Визначення векторів функцій дійсних кутових швидкостей векторів-ланок

Визначаємо вектор функції дійсної кутової швидкості вектора ланки P₂₋₃:

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

Визначаємо вектор функції дійсної кутової швидкості вектора ланки P₄₋₃:

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

Визначаємо вектор функції дійсної кутової швидкості вектора ланки P₃₋₅:

$$\omega_{3_5}(\varphi_1) := \omega_{a_{3_5}}(\varphi_1) \cdot \omega_1$$

Визначаємо вектор функції дійсної кутової швидкості вектора ланки P₆₋₅:

$$\omega_{6_5}(\varphi_1) := \omega_{a_{6_5}}(\varphi_1) \cdot \omega_1$$

Визначаємо вектор функції дійсної кутової швидкості вектора ланки P₅₋₇:

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

Визначаємо вектор функції дійсної кутової швидкості вектора ланки P₈₋₇:

$$\omega_{8_7}(\varphi_1) := \omega_{a_{8_7}}(\varphi_1) \cdot \omega_1$$

Визначаємо вектор функції дійсної кутової швидкості вектора ланки P₈₋₉:

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

Визначення векторів функцій дійсних лінійних швидкостей точок

Визначаємо вектор функції дійсної лінійної швидкості точки 3 відносно точки 2:

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

Визначаємо вектор функції дійсної лінійної швидкості точки 3 відносно точки 4:

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

Визначаємо вектор функції дійсної лінійної швидкості точки 5 відносно точки 3:

$$V_{3_5}(\varphi_1) := V_{a_{3_5}}(\varphi_1) \cdot \omega_1$$

Визначаємо вектор функції дійсної лінійної швидкості точки 5 відносно точки 6:

$$V_{6_5}(\varphi_1) := V_{a_6_5}(\varphi_1) \cdot \omega_1$$

Визначаємо вектор функції дійсної лінійної швидкості точки 7 відносно точки 5:

$$V_{5_7}(\varphi_1) := V_{a_5_7}(\varphi_1) \cdot \omega_1$$

Визначаємо вектор функції дійсної лінійної швидкості точки 7 відносно точки 8:

$$V_{8_7}(\varphi_1) := V_{a_8_7}(\varphi_1) \cdot \omega_1$$

Визначаємо вектор функції дійсної лінійної швидкості точки 9 відносно точки 8:

$$V_{8_9}(\varphi_1) := V_{a_8_9}(\varphi_1) \cdot \omega_1$$

Визначення векторів функцій лінійних швидкостей характерних точок

Визначаємо вектор функції лінійної швидкості точки 2:

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

Визначаємо вектор функції лінійної швидкості точки 3:

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

Визначаємо вектор функції лінійної швидкості точки 5:

$$V_5(\varphi_1) := r'(P_5, \varphi_1) \cdot \omega_1$$

Визначаємо вектор функції лінійної швидкості точки 7:

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

Визначаємо вектор функції лінійної швидкості точки 9:

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

2.1.4. Розрахунок функцій прискорень механізму

Визначення векторів функцій аналогів тангенціальних прискорень точок

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

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

					МДР.ОБ7.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

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

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

Визначаємо вектор функції аналога тангенціального прискорення точки 5 відносно точки 3:

$$A_{a_{3_5}}(\varphi_1) := r''(P_{3_5}, \varphi_1)$$

Визначаємо вектор функції аналога тангенціального прискорення точки 5 відносно точки 6:

$$A_{a_{6_5}}(\varphi_1) := r''(P_{6_5}, \varphi_1)$$

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

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

Визначаємо вектор функції аналога тангенціального прискорення точки 7 відносно точки 8:

$$A_{a_{8_7}}(\varphi_1) := r''(P_{8_7}, \varphi_1)$$

Визначаємо вектор функції аналога тангенціального прискорення точки 9 відносно точки 8:

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

Визначення векторів функцій аналогів кутових прискорень векторів-ланок

Визначаємо вектор функції аналога кутового прискорення вектора-ланки P_{2_3}:

$$\varepsilon_{a_{2_3}}(\varphi_1) := \varepsilon_a(P_{2_3}(\varphi_1), A_{a_{2_3}}(\varphi_1))$$

Визначаємо вектор функції аналога кутового прискорення вектора-ланки P_{4_3}:

$$\varepsilon_{a_{4_3}}(\varphi_1) := \varepsilon_a(P_{4_3}(\varphi_1), A_{a_{4_3}}(\varphi_1))$$

Визначаємо вектор функції аналога кутового прискорення вектора-ланки P_{3_5}:

					МДР.ОБ7.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

$$\varepsilon_{a_{3,5}}(\varphi_1) := \varepsilon_a \left(P_{3,5}(\varphi_1), A_{a_{3,5}}(\varphi_1) \right)$$

Визначаємо вектор функції аналога кутового прискорення вектора-ланки P₆.
5:

$$\varepsilon_{a_{6,5}}(\varphi_1) := \varepsilon_a \left(P_{6,5}(\varphi_1), A_{a_{6,5}}(\varphi_1) \right)$$

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

$$\varepsilon_{a_{5,7}}(\varphi_1) := \varepsilon_a \left(P_{5,7}(\varphi_1), A_{a_{5,7}}(\varphi_1) \right)$$

Визначаємо вектор функції аналога кутового прискорення вектора-ланки P₈.
7:

$$\varepsilon_{a_{8,7}}(\varphi_1) := \varepsilon_a \left(P_{8,7}(\varphi_1), A_{a_{8,7}}(\varphi_1) \right)$$

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

$$\varepsilon_{a_{8,9}}(\varphi_1) := \varepsilon_a \left(P_{8,9}(\varphi_1), A_{a_{8,9}}(\varphi_1) \right)$$

Визначення векторів функцій дійсних кутових прискорень векторів-ланок

Визначаємо вектор функції дійсного кутового прискорення вектора ланки P₂.
3:

$$\varepsilon_{2,3}(\varphi_1) := \varepsilon_{a_{2,3}}(\varphi_1) \cdot \omega_1^2 + \omega_{a_{2,3}}(\varphi_1) \cdot \varepsilon_1$$

Визначаємо вектор функції дійсного кутового прискорення вектора ланки P₄.
3:

$$\varepsilon_{4,3}(\varphi_1) := \varepsilon_{a_{4,3}}(\varphi_1) \cdot \omega_1^2 + \omega_{a_{4,3}}(\varphi_1) \cdot \varepsilon_1$$

Визначаємо вектор функції дійсного кутового прискорення вектора ланки P₃.
5:

$$\varepsilon_{3,5}(\varphi_1) := \varepsilon_{a_{3,5}}(\varphi_1) \cdot \omega_1^2 + \omega_{a_{3,5}}(\varphi_1) \cdot \varepsilon_1$$

Визначаємо вектор функції дійсного кутового прискорення вектора ланки P₆.
5:

$$\varepsilon_{6,5}(\varphi_1) := \varepsilon_{a_{6,5}}(\varphi_1) \cdot \omega_1^2 + \omega_{a_{6,5}}(\varphi_1) \cdot \varepsilon_1$$

Визначаємо вектор функції дійсного кутового прискорення вектора ланки P₅.

					МДР.ОВ7.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

7:

$$\varepsilon_{5_7}(\varphi_1) := \varepsilon_{a_{5_7}}(\varphi_1) \cdot \omega_1^2 + \omega_{a_{5_7}}(\varphi_1) \cdot \varepsilon_1$$

Визначаємо вектор функції дійсного кутового прискорення вектора ланки P₈.

7:

$$\varepsilon_{8_7}(\varphi_1) := \varepsilon_{a_{8_7}}(\varphi_1) \cdot \omega_1^2 + \omega_{a_{8_7}}(\varphi_1) \cdot \varepsilon_1$$

Визначаємо вектор функції дійсного кутового прискорення вектора ланки P₈.

9:

$$\varepsilon_{8_9}(\varphi_1) := \varepsilon_{a_{8_9}}(\varphi_1) \cdot \omega_1^2 + \omega_{a_{8_9}}(\varphi_1) \cdot \varepsilon_1$$

Визначення векторів функцій дійсних кутових прискорень точок

Визначаємо вектор функції дійсного кутового прискорення точки 3 відносно

точки 2:

$$A_{2_3}(\varphi_1) := A_{a_{2_3}}(\varphi_1) \cdot \omega_1^2 + A_{a_{2_3}}(\varphi_1) \cdot \varepsilon_1$$

Визначаємо вектор функції дійсного кутового прискорення точки 3 відносно

точки 4:

$$A_{4_3}(\varphi_1) := A_{a_{4_3}}(\varphi_1) \cdot \omega_1^2 + A_{a_{4_3}}(\varphi_1) \cdot \varepsilon_1$$

Визначаємо вектор функції дійсного кутового прискорення точки 5 відносно

точки 3:

$$A_{3_5}(\varphi_1) := A_{a_{3_5}}(\varphi_1) \cdot \omega_1^2 + A_{a_{3_5}}(\varphi_1) \cdot \varepsilon_1$$

Визначаємо вектор функції дійсного кутового прискорення точки 5 відносно

точки 6:

$$A_{6_5}(\varphi_1) := A_{a_{6_5}}(\varphi_1) \cdot \omega_1^2 + A_{a_{6_5}}(\varphi_1) \cdot \varepsilon_1$$

Визначаємо вектор функції дійсного кутового прискорення точки 7 відносно

точки 5:

$$A_{5_7}(\varphi_1) := A_{a_{5_7}}(\varphi_1) \cdot \omega_1^2 + A_{a_{5_7}}(\varphi_1) \cdot \varepsilon_1$$

Визначаємо вектор функції дійсного кутового прискорення точки 7 відносно

точки 8:

$$A_{8_7}(\varphi_1) := A_{a_{8_7}}(\varphi_1) \cdot \omega_1^2 + A_{a_{8_7}}(\varphi_1) \cdot \varepsilon_1$$

Визначаємо вектор функції дійсного кутового прискорення точки 9 відносно

точки 8:

					МДР.ОБ7.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

$$A_{8,9}(\varphi_1) := A_{a_{8,9}}(\varphi_1) \cdot \omega_1^2 + A_{a_{8,9}}(\varphi_1) \cdot \varepsilon_1$$

Визначення векторів функцій лінійних прискорень характерних точок

Визначаємо вектор функції лінійного прискорення точки 2:

$$A_2(\varphi_1) := r''(P_2, \varphi_1) \cdot \omega_1^2 + r'(P_2, \varphi_1) \cdot \varepsilon_1$$

Визначаємо вектор функції лінійного прискорення точки 3:

$$A_3(\varphi_1) := r''(P_3, \varphi_1) \cdot \omega_1^2 + r'(P_3, \varphi_1) \cdot \varepsilon_1$$

Визначаємо вектор функції лінійного прискорення точки 5:

$$A_5(\varphi_1) := r''(P_5, \varphi_1) \cdot \omega_1^2 + r'(P_5, \varphi_1) \cdot \varepsilon_1$$

Визначаємо вектор функції лінійного прискорення точки 7:

$$A_7(\varphi_1) := r''(P_7, \varphi_1) \cdot \omega_1^2 + r'(P_7, \varphi_1) \cdot \varepsilon_1$$

Визначаємо вектор функції лінійного прискорення точки 9:

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

2.2. Результати розрахунків

Кут кривошипа	Функції положення, мм									
	P2x	P2y	P3x	P3y	P5x	P5y	P7x	P7y	P9x	P9y
0	-14.89	-0.48	51.41	80.94	101.41	46.00	140.32	467.20	-20.11	413.24
-30	-13.14	7.03	54.76	87.13	100.21	46.44	140.53	467.51	-19.72	413.02
-60	-7.86	12.66	56.82	95.37	96.38	48.94	141.87	469.49	-17.22	411.68
-90	-0.48	14.89	56.71	102.95	93.07	53.98	144.61	473.83	-11.74	408.98
-120	7.03	13.14	56.14	105.94	92.39	56.88	146.14	476.45	-8.45	407.50
-150	12.66	7.86	56.67	103.19	93.00	54.19	144.72	474.01	-11.51	408.88
-180	14.89	0.48	56.94	96.69	95.72	49.61	142.24	470.05	-16.51	411.32
-210	13.14	-7.03	55.46	89.06	99.45	46.79	140.71	467.77	-19.39	412.84
-240	7.86	-12.66	52.39	82.43	101.33	46.02	140.33	467.22	-20.09	413.23
-270	0.48	-14.89	49.19	78.13	101.10	46.10	140.36	467.27	-20.03	413.19
-300	-7.03	-13.14	47.64	76.51	100.62	46.27	140.45	467.39	-19.87	413.10
-330	-12.66	-7.86	48.56	77.44	100.93	46.16	140.39	467.31	-19.98	413.16
-360	-14.89	-0.48	51.41	80.94	101.41	46.00	140.32	467.20	-20.11	413.24

Кут кривошипа	Функції швидкостей, м/сек									
	V2 _X	V2 _Y	V3 _X	V3 _Y	V5 _X	V5 _Y	V7 _X	V7 _Y	V9 _X	V9 _Y
0	-0.05	1.45	0.63	0.90	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00
-30	0.68	1.28	0.56	1.38	-0.49	0.21	0.11	0.15	0.19	-0.11
-60	1.23	0.76	0.17	1.59	-0.81	0.76	0.42	0.63	0.79	-0.41
-90	1.45	0.05	-0.15	1.08	-0.34	0.94	0.50	0.84	1.06	-0.49
-120	1.28	-0.68	0.00	-0.01	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.00
-150	0.76	-1.23	0.14	-0.94	0.29	-0.83	-0.44	-0.74	-0.93	0.43
-180	0.05	-1.45	-0.09	-1.39	0.69	-0.75	-0.41	-0.63	-0.79	0.41
-210	-0.68	-1.28	-0.45	-1.38	0.59	-0.30	-0.15	-0.22	-0.28	0.15
-240	-1.23	-0.76	-0.64	-1.04	0.11	-0.03	-0.02	-0.02	-0.03	0.02
-270	-1.45	-0.05	-0.49	-0.55	-0.12	0.04	0.02	0.03	0.04	-0.02
-300	-1.28	0.68	-0.06	-0.06	-0.02	0.01	0.00	0.01	0.01	-0.00
-330	-0.76	1.23	0.38	0.41	0.12	-0.04	-0.02	-0.03	-0.04	0.02
-360	-0.05	1.45	0.63	0.90	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.00

Кут кривошипа	Функції прискорень, м/сек ²									
	A2 _X	A2 _Y	A3 _X	A3 _Y	A5 _X	A5 _Y	A7 _X	A7 _Y	A9 _X	A9 _Y
0	140.70	4.52	18.78	94.51	-58.48	18.35	8.49	12.16	15.45	-8.53
-30	124.11	-66.44	-46.18	77.58	-107.64	69.93	37.83	55.14	69.93	-37.90
-60	74.26	-119.59	-84.99	-16.88	21.40	109.27	61.26	101.38	127.55	-59.87
-90	4.52	-140.70	-15.61	-168.84	109.26	-74.96	-44.40	-57.82	-73.93	45.34
-120	-66.44	-124.11	50.02	-208.14	26.53	-225.49	-116.96	-207.11	-259.57	112.61
-150	-119.59	-74.26	-10.53	-129.61	83.24	-59.41	-35.13	-46.11	-58.92	35.82
-180	-140.70	-4.52	-64.98	-37.84	41.87	71.68	39.35	69.07	86.60	-37.96
-210	-124.11	66.44	-59.29	37.21	-74.28	74.91	42.04	62.19	78.80	-42.01
-240	-74.26	119.59	-5.45	82.91	-79.50	26.52	12.52	17.96	22.81	-12.58
-270	-4.52	140.70	60.27	94.14	-5.17	3.13	1.69	2.44	3.10	-1.69
-300	66.44	124.11	89.37	87.46	32.27	-12.40	-6.09	-8.77	-11.13	6.12
-330	119.59	74.26	68.58	87.50	9.75	-2.25	-0.91	-1.29	-1.65	0.92
-360	140.70	4.52	18.78	94.51	-58.48	18.35	8.49	12.16	15.45	-8.53

Кут кривошипа	Кути повороту, град.						
	φ_{2_3}	φ_{4_3}	φ_{3_5}	φ_{6_5}	φ_{5_7}	φ_{8_7}	φ_{8_9}
0	50.84	-34.95	-34.95	-107.42	84.72	-34.90	-118.90
-30	49.71	-21.92	-41.84	-113.07	84.53	-34.71	-118.71
-60	51.97	-6.17	-49.57	-133.31	83.83	-33.52	-117.52
-90	57.00	7.89	-53.40	-160.13	83.00	-30.97	-114.97
-120	62.11	13.51	-53.54	-173.29	82.70	-29.45	-113.45
-150	65.22	8.33	-53.45	-161.09	82.98	-30.86	-114.86
-180	66.40	-3.71	-50.52	-137.47	83.69	-33.19	-117.19
-210	66.23	-18.12	-43.86	-116.76	84.40	-34.55	-118.55
-240	64.91	-31.65	-36.65	-107.78	84.71	-34.89	-118.89
-270	62.36	-41.58	-31.67	-108.84	84.67	-34.86	-118.86
-300	58.62	-45.72	-29.71	-111.09	84.60	-34.79	-118.79
-330	54.33	-43.29	-30.86	-109.64	84.65	-34.83	-118.83
-360	50.84	-34.95	-34.95	-107.42	84.72	-34.90	-118.90

Кут кривошипа	Кутові швидкості, сек ⁻¹						
	ω_{2_3}	ω_{4_3}	ω_{3_5}	ω_{6_5}	ω_{5_7}	ω_{8_7}	ω_{8_9}
0	-8.28	35.36	-17.97	0.00	0.00	-0.00	-0.00
-30	1.58	48.13	-25.83	-41.29	-1.42	1.62	1.62
-60	12.80	51.64	-21.05	-85.12	-2.90	6.54	6.54
-90	18.14	35.30	-3.89	-77.09	-2.01	8.51	8.51
-120	13.73	-0.30	-0.02	0.75	0.01	-0.09	-0.09
-150	6.57	-30.68	3.00	67.65	1.74	-7.52	-7.52
-180	1.42	-44.86	16.49	78.11	2.61	-6.51	-6.51
-210	-2.42	-46.81	24.61	50.72	1.76	-2.37	-2.37
-240	-6.20	-39.41	20.55	8.65	0.29	-0.24	-0.24
-270	-10.32	-23.69	11.39	-9.97	-0.34	0.30	0.30
-300	-13.57	-2.71	1.27	-1.80	-0.06	0.06	0.06
-330	-13.45	18.03	-8.56	9.44	0.32	-0.30	-0.30
-360	-8.28	35.36	-17.97	0.00	0.00	-0.00	-0.00

Кут кривошипа	Кутові прискорення, сек ⁻²						
	ε_{2_3}	ε_{4_3}	ε_{3_5}	ε_{6_5}	ε_{5_7}	ε_{8_7}	ε_{8_9}
0	1441.58	2845.97	-1748.93	-4714.64	-158.98	128.98	128.98
-30	2124.02	1765.34	-765.41	-9725.71	-345.67	581.43	581.43
-60	1797.30	-835.88	2668.83	-4567.18	-95.69	1029.10	1029.10
-90	14.86	-5325.74	2560.94	8279.91	365.49	-629.81	-629.81
-120	-1354.62	-6905.43	-478.64	17465.25	342.00	-2068.28	-2068.28
-150	-1164.00	-4087.79	1920.29	6398.42	281.58	-500.87	-500.87
-180	-787.84	-1353.63	2493.62	-1885.90	5.25	689.91	689.91
-210	-677.12	546.11	275.35	-7696.87	-276.63	652.73	652.73
-240	-741.68	2184.55	-1466.36	-6446.56	-218.49	190.41	190.41
-270	-752.36	3561.99	-1833.12	-454.23	-16.30	25.81	25.81
-300	-368.19	4033.75	-1885.82	2658.83	91.09	-92.87	-92.87
-330	468.20	3571.29	-1757.63	764.45	25.31	-13.78	-13.78
-360	1441.58	2845.97	-1748.93	-4714.64	-158.98	128.98	128.98

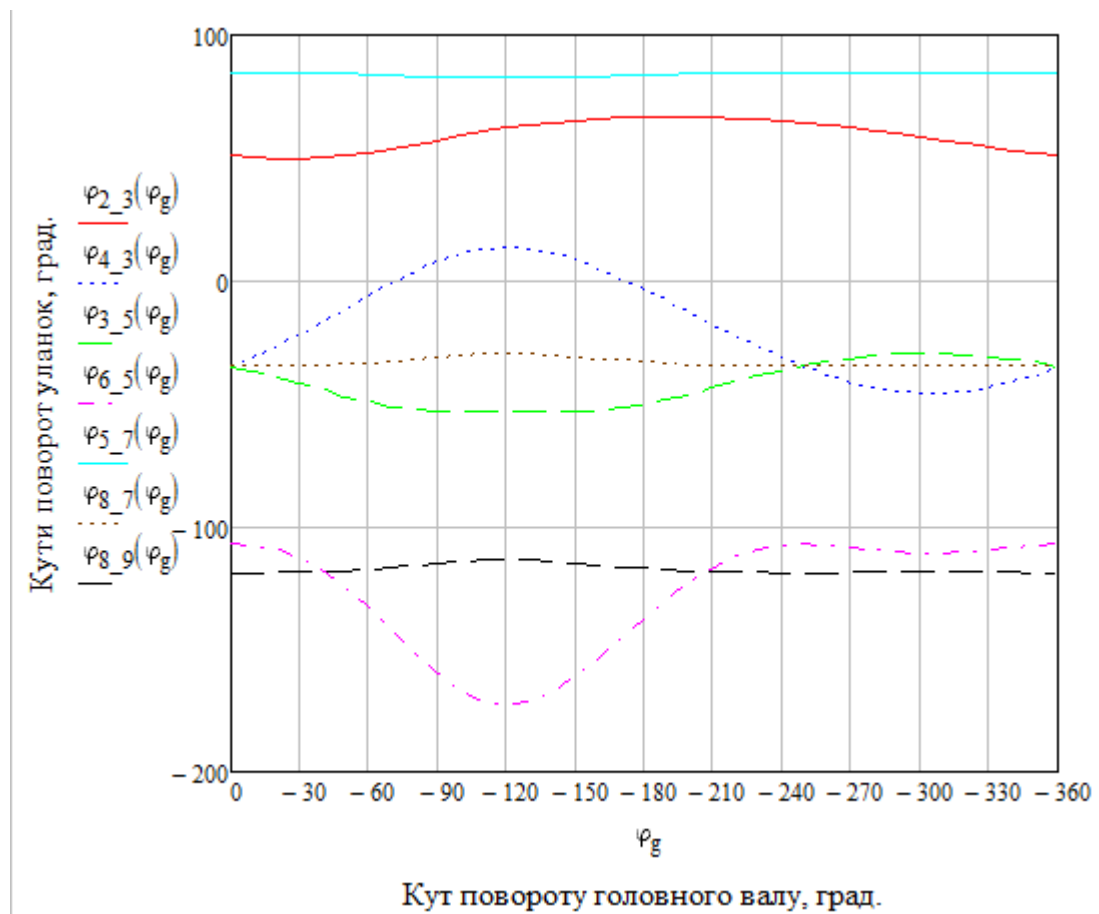
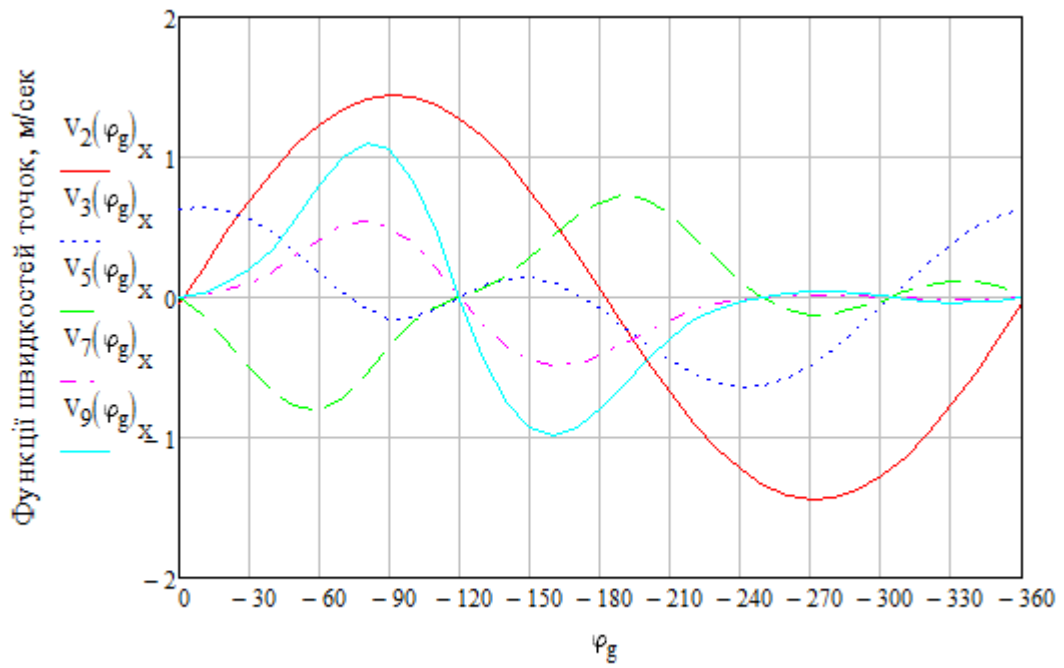


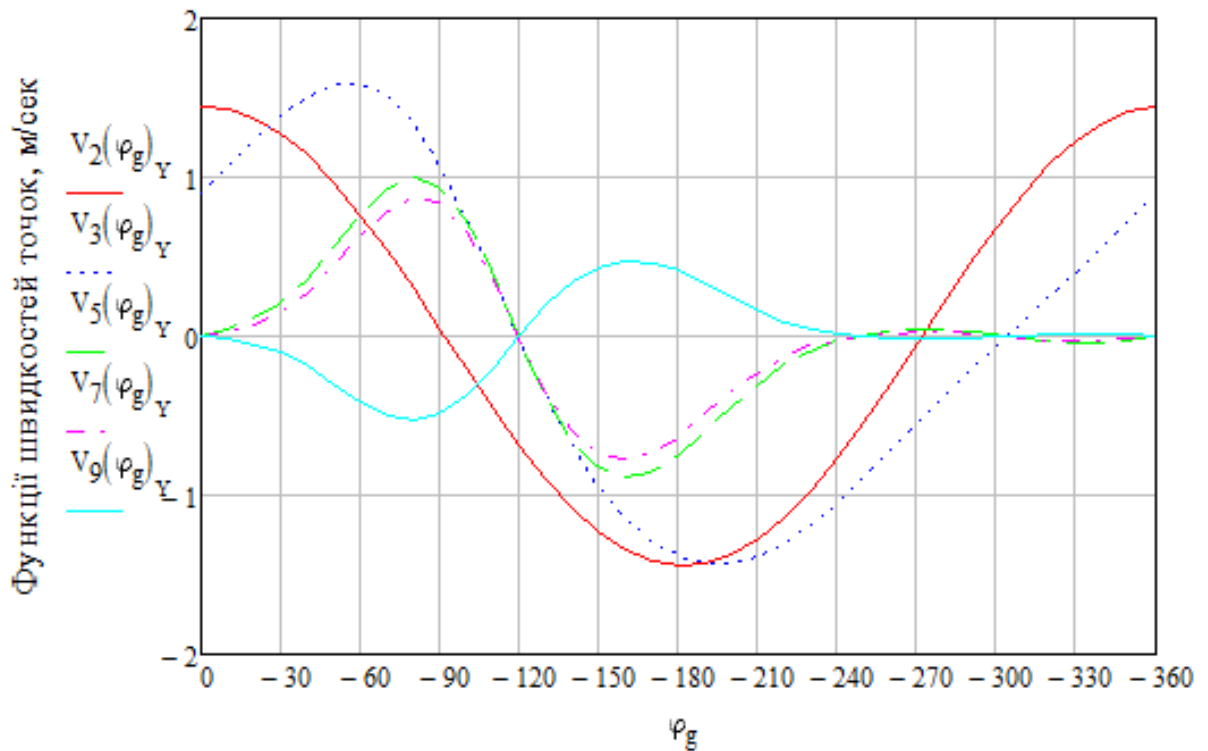
Рис. 2.1. Графік кутів повороту ланок

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



Кут повороту головного валу, град.

Рис. 2.2. Графік функції швидкостей точок по осі X



Кут повороту головного валу, град.

Рис. 2.3. Графік функцій швидкостей точок по осі Y

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

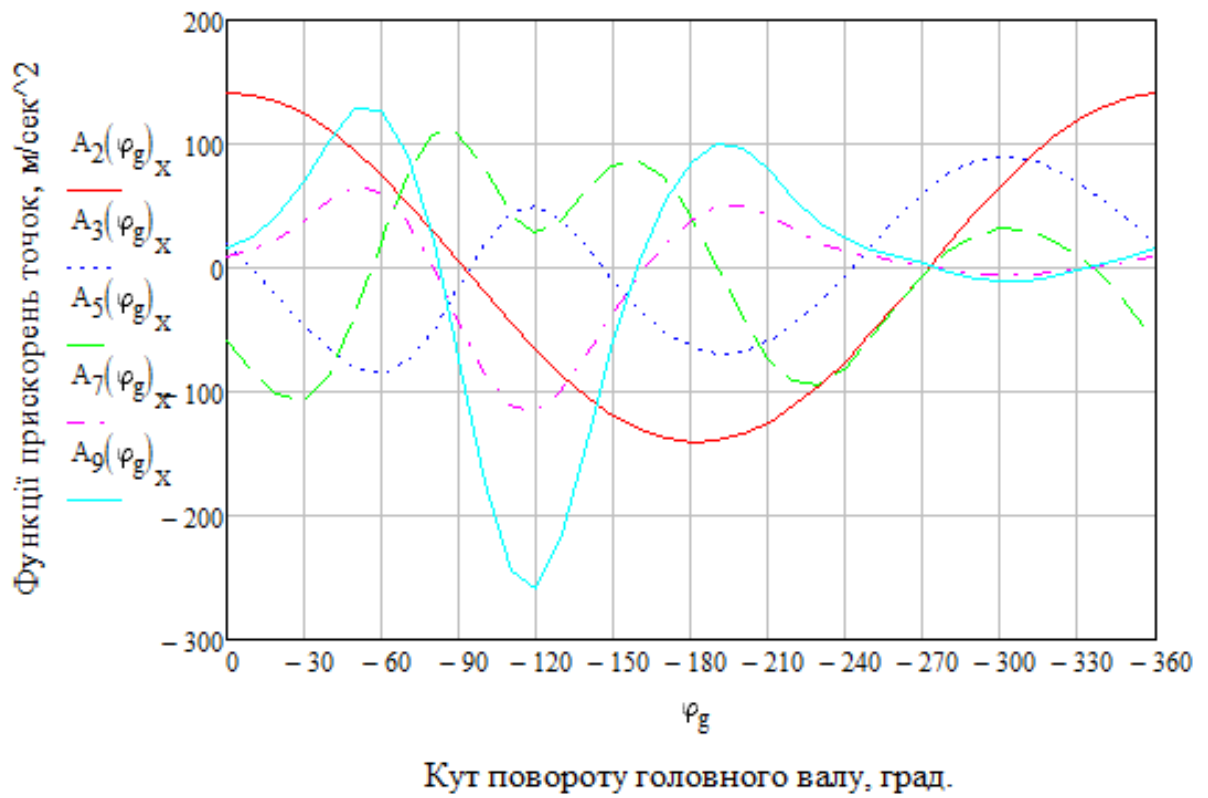


Рис. 2.4. Графік функцій прискорень точок по осі X

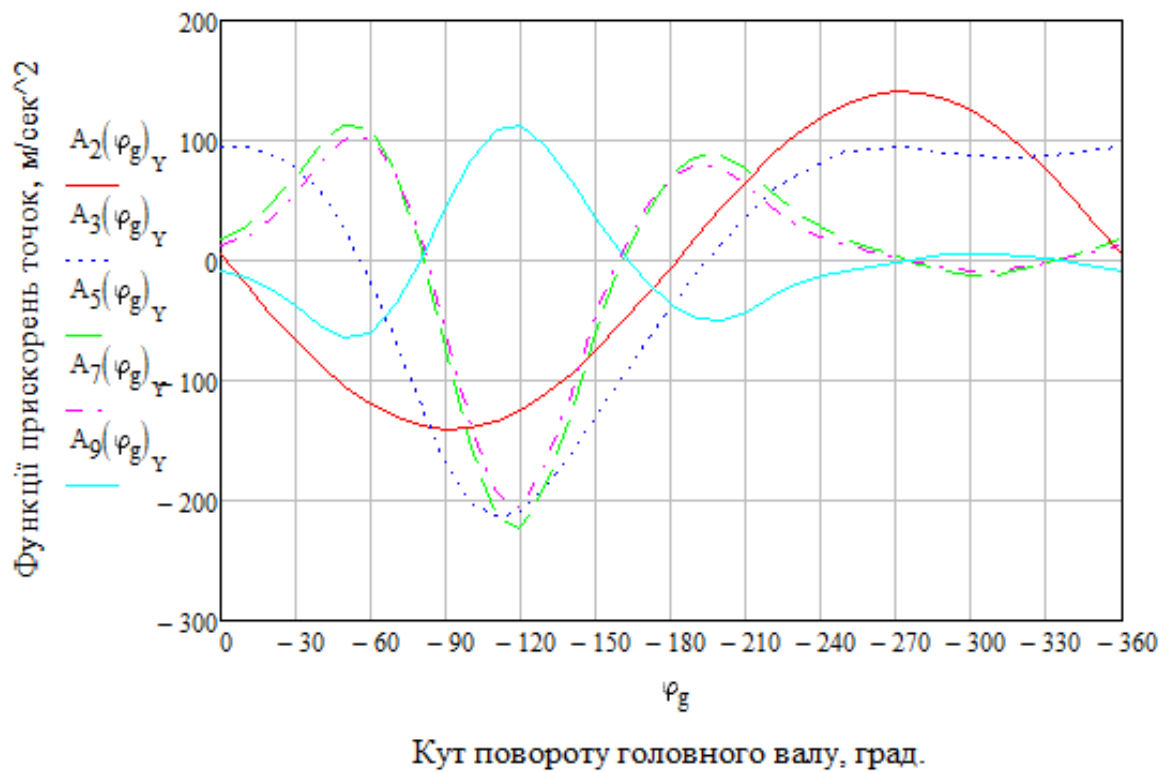


Рис. 2.5. Графік функцій прискорень точок по осі Y

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

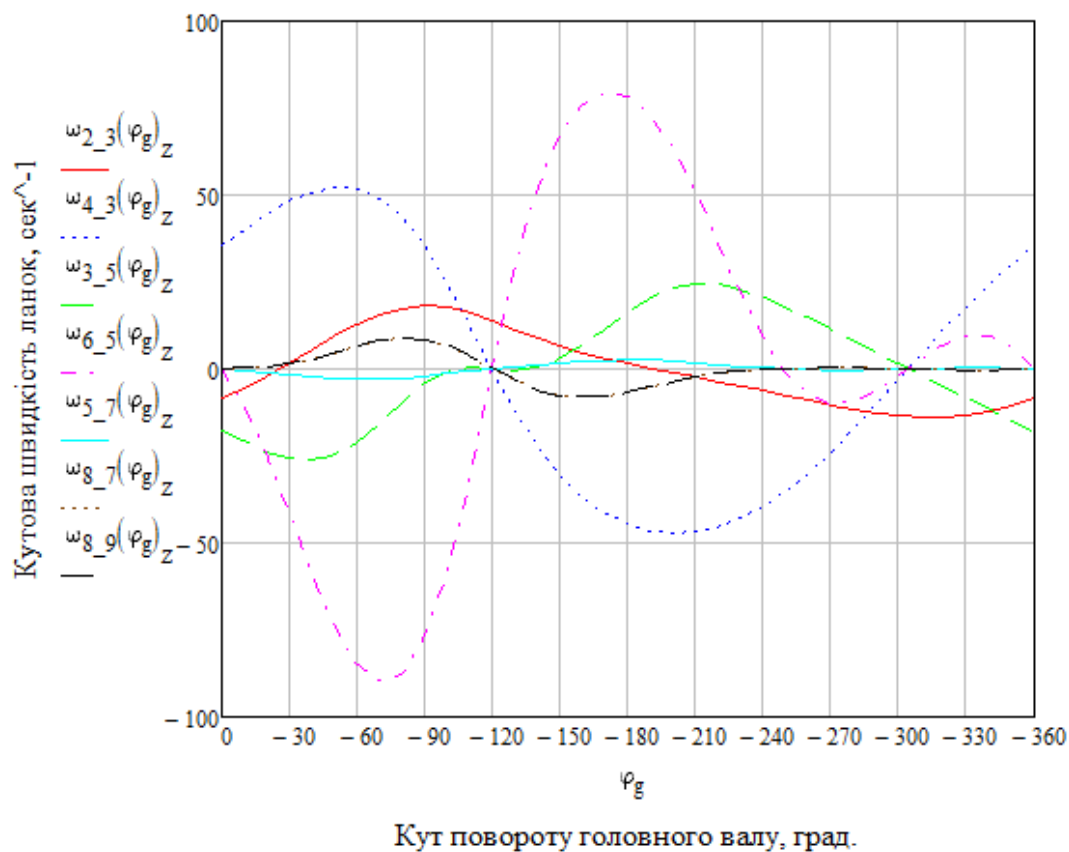


Рис.2.6. Графік кутових швидкостей ланок

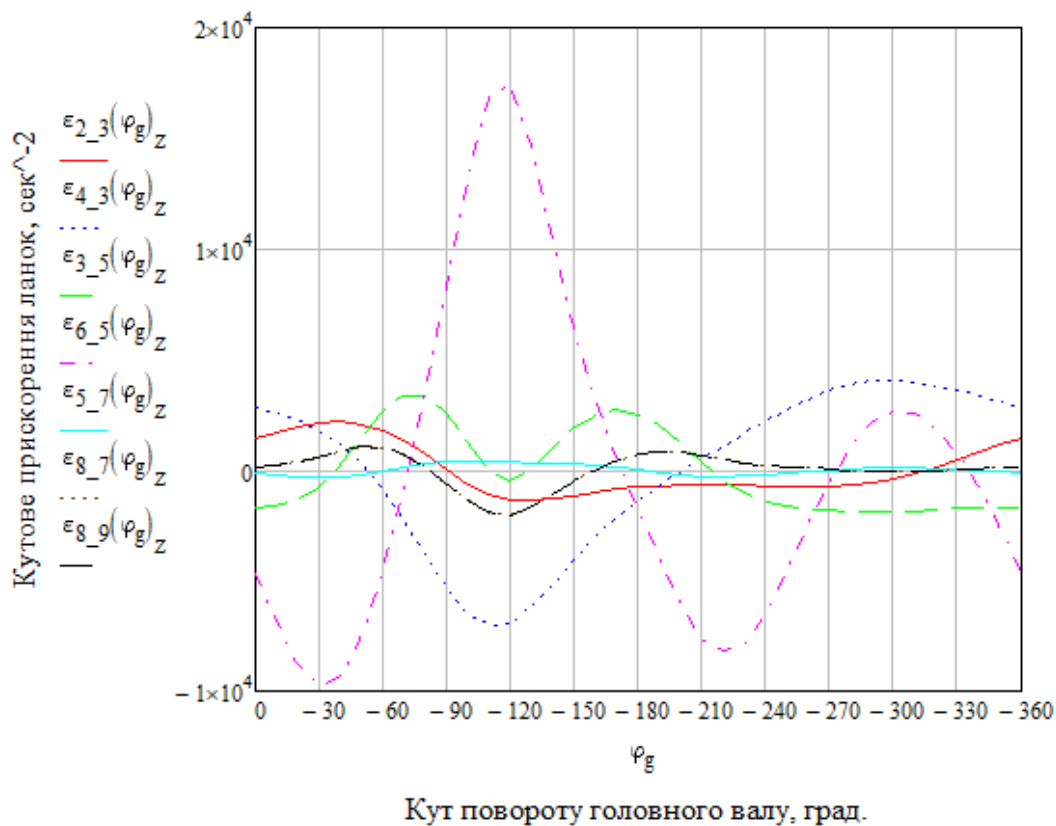


Рис.2.7. Графік кутових прискорень ланок

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

2.3. Визначення закону переміщення вушкової голки

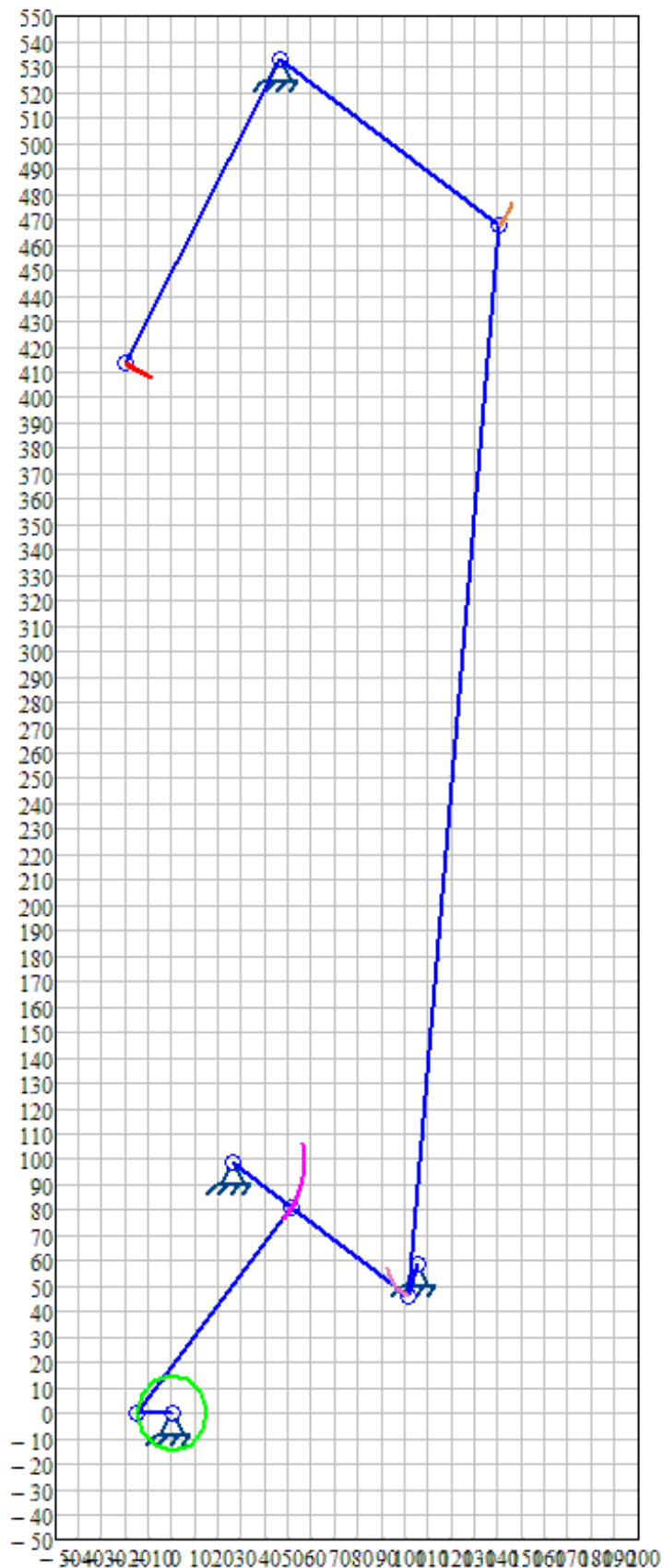


Рис. 2.9. Кінематична схема механізму вушкових голок машини ОВ-7 з траєкторіями переміщень характерних точок механізму

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МДР.ОВ7.00.00.ПЗ

Аркуш

39

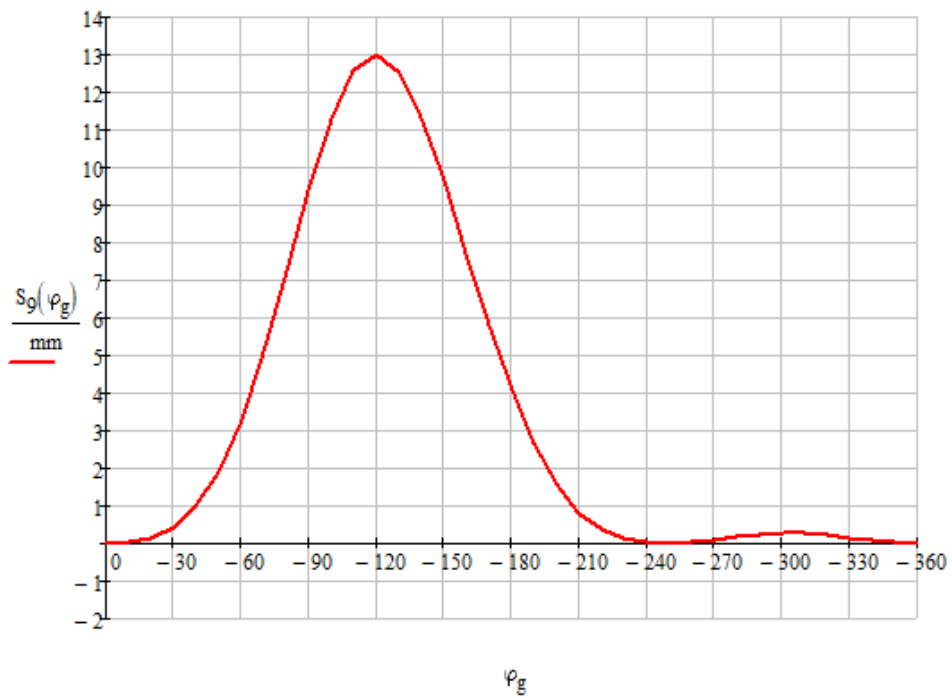


Рис. 2.8. Діаграма переміщення робочої точки 9 вушкової голки машини ОВ-7

Висновок. Виконано кінематичний аналіз механізму вушкових голок базової конструкції, в результаті чого були отримані значення функцій положень, функцій лінійних швидкостей та лінійних прискорень точок механізму, і функцій кутових швидкостей та кутових прискорень ланок механізму. Отримано діаграму переміщень робочої точки вушкової голки.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МДР.ОВ7.00.00.ПЗ

РОЗДІЛ 3. Дослідження механізму вушкових голок нової конструкції

3.1. Метричний (геометричний) синтез

При проектуванні механізмів застосовують методи статичного випробування (метод Монте-Карло), направлено і комбінованого пошуку. Методи випадкового пошуку прості, дозволяють «переглянути» усю область можливих значень параметрів, але потребують виконання великої кількості обчислень. При проведенні аналізу по методу Монте-Карло комп'ютер використовує процедуру генерування псевдовипадкових чисел для імітації даних з дослідної генеральної вибірки. Метод Монте-Карло дозволяє отримати інформацію про вибіркоче розподілення у випадках, коли звичайна теорія вибіркових розподілень виявляється безсильною.

3.2. Кінематичний аналіз механізму вушкових голок нової конструкції

3.2.1. Вхідні дані

Абсциса кінематичної пари 1:	$X_{1_nm} = 0$ мм
Ордината кінематичної пари 1:	$Y_{1_nm} = 0$ мм
Апліката кінематичної пари 1:	$Z_{1_nm} = 0$ мм
Абсциса кінематичної пари 6:	$X_{6_nm} = 195$ мм
Ордината кінематичної пари 6:	$Y_{6_nm} = 226$ мм
Апліката кінематичної пари 6:	$Z_{6_nm} = 0$ мм
Абсциса кінематичної пари 8:	$X_{7_nm} = 46$ мм
Ордината кінематичної пари 8:	$Y_{7_nm} = 533$ мм
Апліката кінематичної пари 8:	$Z_{7_nm} = 0$ мм
Довжина кривошипа:	$L_{1-2_nm} = 50$ мм
Довжина шатуна (1-го поводка):	$L_{2-3_nm} = 272.5$ мм
Довжина 1-го елемента базисної ланки:	$L_{3-4_nm} = 81$ мм
Довжина 2-го елемента базисної ланки:	$L_{4-5_nm} = 104.5$ мм
Довжина 3-го елемента базисної ланки:	$L_{3-5_nm} = 174$ мм
Довжина коромисла (2-го поводка):	$L_{4-6_nm} = 104.5$ мм

Довжина коромисла (3-го поводка)	$L_{5-7_nm} = 261 \text{ мм}$
Довжина відростка коромисла 8-9:	$L_{7-8_nm} = 136.8 \text{ мм}$
Кут, що визначає положення відростка 3-5:	$U_{5-7-8_nm} = -25^0$
Швидкість обертання кривошипа 1-2:	$n = 928.2 \text{ об/хв}$
Початкове положення кривошипа 1-2:	$\varphi_0 = 0^0$
Кутова швидкість кривошипа 1-2:	$\omega_1 = -94.4 \text{ с}^{-1}$
Кутове прискорення кривошипа 1-2:	$\varepsilon_1 = 0 \text{ с}^{-2}$
Напрямок обертання кривошипа 1-2:	$Rot_1 = -1$
Кількість положень механізму:	$N_{POL} = 12$
Початкове положення кривошипа вушкових голок	$\varphi_{M0_nm} = 173^0$

3.2.2. Розрахунок функцій положення механізму

Визначення максимального (кінцевого) значення кута повороту ведучого кривошипа:

$$\varphi_{max1} := \varphi_0 + Rot_1 \cdot 360$$

Визначення кроку зміни узагальненої координати для положень механізму:

$$\Delta\varphi_1 := \frac{\varphi_{max1} - \varphi_0}{N_{POL}}$$

Визначення поточного кута повороту кривошипа:

$$\varphi_1 := \varphi_0, \varphi_0 + \Delta\varphi_1 \cdot \varphi_{max1}$$

Визначення поточного кута повороту кривошипа механізму ниткопритягача:

$$\varphi_{M1_nm}(\varphi_1) := \varphi_1 + \varphi_{M0_nm}$$

Визначення максимального значення кута повороту кривошипа механізму ниткопритягача:

$$\varphi_{Mmax_nm} := \varphi_{M0_nm} + Rot_1 \cdot 360$$

Складаємо вектори-стовпчики координат стояків P_{1_nm} , P_{6_nm} , P_{7_nm} :

$$P_{1_nm} := \begin{pmatrix} X_{1_nm} \\ Y_{1_nm} \\ Z_{1_nm} \end{pmatrix}; \quad P_{6_nm} := \begin{pmatrix} X_{6_nm} \\ Y_{6_nm} \\ Z_{6_nm} \end{pmatrix}; \quad P_{7_nm} := \begin{pmatrix} X_{7_nm} \\ Y_{7_nm} \\ Z_{7_nm} \end{pmatrix}.$$

Визначимо вектор функції положення кривошипа 1-2:

$$P_{1_2_nm}(\varphi_1) := \rho_Z(e_X, \varphi_{M1_nm}(\varphi_1), L_{1_2_nm}).$$

					МДР.ОВ7.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Функцію положення кінематичної пари «кривошип 1-2» та «шатун 2-3» визначаємо як вектор-точку P_{2-nm} , тобто як суму вектору-точки P_{1-nm} та вектору ланки кривошипа P_{1-2-nm} :

$$P_{2-nm}(\varphi_1) := P_{1-nm} + P_{1-2-nm}(\varphi_1)$$

Функцію положення вектору змінної довжини P_{6-2-nm} визначаємо як різницю векторів-точок P_{2-nm} та P_{6-nm} :

$$P_{6-2-nm}(\varphi_1) := P_{2-nm}(\varphi_1) - P_{6-nm}$$

Визначаємо кут $U_{3-4-5-nm}$ між векторами-ланками P_{3-4-nm} та P_{4-5-nm} :

$$U_{3-4-5-nm}(\varphi_1) := T_{cos}(L_{3-4-nm}, L_{4-5-nm}, L_{3-5-nm})$$

Визначаємо вектор функції положення ланки 7-6:

$$P_{7-6-nm}(\varphi_1) := P_{6-nm} - P_{7-nm}$$

Визначення початкових значень кутів, в околицях яких визначатимуться розв'язки:

$$\varphi_{2-3-0} := 100^\circ; \quad \varphi_{3-4-0} := 100^\circ$$

Ключове слово в MathCAD:

Given

Система рівнянь для чисельного розв'язку:

$$\begin{aligned} & \left(P_{6-2-nm}(\varphi_1)_X + L_{2-3-nm} \cdot \cos(\varphi_{2-3-0-nm}) + L_{3-4-nm} \cdot \cos(\varphi_{3-4-0-nm}) \right)^2 \\ & + \left(P_{6-2-nm}(\varphi_1)_Y + L_{2-3-nm} \cdot \sin(\varphi_{2-3-0-nm}) + L_{3-4-nm} \cdot \sin(\varphi_{3-4-0-nm}) \right)^2 = L_{4-6-nm}^2 \\ & \left(P_{7-2-nm}(\varphi_1)_X + L_{2-3-nm} \cdot \cos(\varphi_{2-3-0-nm}) + L_{3-5-nm} \cdot \cos(\varphi_{3-4-0-nm} + U_{4-3-5-nm}) \right)^2 \\ & + \left(P_{7-2-nm}(\varphi_1)_Y + L_{2-3-nm} \cdot \sin(\varphi_{2-3-0-nm}) + L_{3-5-nm} \cdot \sin(\varphi_{3-4-0-nm} + U_{4-3-5-nm}) \right)^2 = L_{5-7-nm}^2 \end{aligned}$$

Складаємо вектор розв'язків:

$$\begin{pmatrix} \varphi_{2-3-nm}(\varphi_1) \\ \varphi_{3-4-nm}(\varphi_1) \end{pmatrix} := \text{Find}(\varphi_{2-3-0-nm}, \varphi_{3-4-0-nm})$$

Визначаємо функцію положення вектор-ланки P_{2-3-nm} :

$$P_{2-3-nm}(\varphi_1) := \rho_Z(e_X, \varphi_{2-3-nm}(\varphi_1), L_{2-3-nm}).$$

Визначаємо функцію положення вектор-точки P_{3-nm} :

$$P_{3-nm}(\varphi_1) := P_{2-nm}(\varphi_1) + P_{2-3-nm}(\varphi_1)$$

Визначаємо функцію положення вектор-ланки P_{3-4-nm} :

					МДР.ОВ7.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

$$P_{3_4_nm}(\varphi_1) := \rho_Z(e_X, \varphi_{3_4_nm}(\varphi_1), L_{3_4_nm}).$$

Визначаємо функцію положення вектор-точки P_{4_nm} :

$$P_{4_nm}(\varphi_1) := P_{3_nm}(\varphi_1) + P_{3_4_nm}(\varphi_1)$$

Визначаємо вектор функції положення вектор-ланки $P_{3_5_nm}$:

$$P_{3_5_nm}(\varphi_1) := \rho_Z(P_{3_4_nm}(\varphi_1), U_{4_3_5_nm}, L_{3_5_nm}).$$

Визначаємо функцію положення вектор-точки P_{5_nm} :

$$P_{5_nm}(\varphi_1) := P_{3_nm}(\varphi_1) + P_{3_5_nm}(\varphi_1)$$

Визначаємо вектор функції положення вектор-ланки $P_{7_5_nm}$:

$$P_{7_5_nm}(\varphi_1) := P_{5_nm}(\varphi_1) - P_{7_nm}$$

Визначаємо вектор функції положення вектор-ланки $P_{7_8_nm}$:

$$P_{7_8_nm}(\varphi_1) := \rho_Z(P_{7_5_nm}(\varphi_1), U_{5_7_8_nm}, L_{7_8_nm}).$$

Визначаємо функцію положення вектор-точки P_{8_nm} :

$$P_{8_nm}(\varphi_1) := P_{7_nm} + P_{7_8_nm}(\varphi_1)$$

Визначаємо вектор функції положення вектор-ланки $P_{6_4_nm}$:

$$P_{6_4_nm}(\varphi_1) := P_{4_nm}(\varphi_1) - P_{6_nm}$$

Визначаємо функцію кута $\varphi_{4_6_nm}$ повороту ланки 4-6:

$$\varphi_{4_6_nm}(\varphi_1) := \text{atan2}(P_{6_4_nm}(\varphi_1)_X, P_{6_4_nm}(\varphi_1)_Y) \cdot \text{deg}^{-1}$$

3.2.3. Розрахунок функцій швидкостей механізму

Визначення векторів функцій аналогів лінійних швидкостей точок

Визначаємо вектор функції аналога лінійної швидкості точки 3 відносно точки 2:

$$V_{a_2_3_nm}(\varphi_1) := r'(P_{2_3_nm}, \varphi_1)$$

Визначаємо вектор функції аналога лінійної швидкості точки 5 відносно точки 3:

$$V_{a_3_5_nm}(\varphi_1) := r'(P_{3_5_nm}, \varphi_1)$$

Визначаємо вектор функції аналога лінійної швидкості точки 4 відносно точки 6:

					МДР.ОБ7.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

$$V_{a_{6_4_{nm}}}(\varphi_1) := r'(P_{6_4_{nm}}, \varphi_1)$$

Визначаємо вектор функції аналога лінійної швидкості точки 5 відносно точки 7:

$$V_{a_{7_5_{nm}}}(\varphi_1) := r'(P_{7_5_{nm}}, \varphi_1)$$

Визначаємо вектор функції аналога лінійної швидкості точки 8 відносно точки 7:

$$V_{a_{7_8_{nm}}}(\varphi_1) := r'(P_{7_8_{nm}}, \varphi_1)$$

Визначення векторів функцій аналогів кутових швидкостей векторів-ланок

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

$$\omega_{a_{2_3_{nm}}}(\varphi_1) := \omega_a(P_{2_3_{nm}}(\varphi_1), V_{a_{2_3_{nm}}}(\varphi_1))$$

Визначаємо вектор функції аналога кутової швидкості вектора-ланки P_{3-5-nm} :

$$\omega_{a_{3_5_{nm}}}(\varphi_1) := \omega_a(P_{3_5_{nm}}(\varphi_1), V_{a_{3_5_{nm}}}(\varphi_1))$$

Визначаємо вектор функції аналога кутової швидкості вектора-ланки P_{6-4-nm} :

$$\omega_{a_{6_4_{nm}}}(\varphi_1) := \omega_a(P_{6_4_{nm}}(\varphi_1), V_{a_{6_4_{nm}}}(\varphi_1))$$

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

$$\omega_{a_{7_5_{nm}}}(\varphi_1) := \omega_a(P_{7_5_{nm}}(\varphi_1), V_{a_{7_5_{nm}}}(\varphi_1))$$

Визначаємо вектор функції аналога кутової швидкості вектора-ланки P_{7-8-nm} :

$$\omega_{a_{7_8_{nm}}}(\varphi_1) := \omega_a(P_{7_8_{nm}}(\varphi_1), V_{a_{7_8_{nm}}}(\varphi_1))$$

Визначення векторів функцій дійсних кутових швидкостей векторів-ланок

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

$$\omega_{2_3_{nm}}(\varphi_1) := \omega_{a_{2_3_{nm}}}(\varphi_1) \cdot \omega_1$$

Визначаємо вектор функції дійсної кутової швидкості вектора ланки P_{3-5-nm} :

$$\omega_{3_5_{nm}}(\varphi_1) := \omega_{a_{3_5_{nm}}}(\varphi_1) \cdot \omega_1$$

Визначаємо вектор функції дійсної кутової швидкості вектора ланки P_{6-4-nm} :

$$\omega_{6_4_nm}(\varphi_1) := \omega_{a_6_4_nm}(\varphi_1) \cdot \omega_1$$

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

$$\omega_{7_5_nm}(\varphi_1) := \omega_{a_7_5_nm}(\varphi_1) \cdot \omega_1$$

Визначаємо вектор функції дійсної кутової швидкості вектора ланки P_{7-8-nm} :

$$\omega_{7_8_nm}(\varphi_1) := \omega_{a_7_8_nm}(\varphi_1) \cdot \omega_1$$

Визначення векторів функцій дійсних лінійних швидкостей точок

Визначаємо вектор функції дійсної лінійної швидкості точки 3 відносно точки 2:

$$V_{2_3_nm}(\varphi_1) := V_{a_2_3_nm}(\varphi_1) \cdot \omega_1$$

Визначаємо вектор функції дійсної лінійної швидкості точки 5 відносно точки 3:

$$V_{3_5_nm}(\varphi_1) := V_{a_3_5_nm}(\varphi_1) \cdot \omega_1$$

Визначаємо вектор функції дійсної лінійної швидкості точки 4 відносно точки 6:

$$V_{6_4_nm}(\varphi_1) := V_{a_6_4_nm}(\varphi_1) \cdot \omega_1$$

Визначаємо вектор функції дійсної лінійної швидкості точки 5 відносно точки 7:

$$V_{7_5_nm}(\varphi_1) := V_{a_7_5_nm}(\varphi_1) \cdot \omega_1$$

Визначаємо вектор функції дійсної лінійної швидкості точки 8 відносно точки 7:

$$V_{7_8_nm}(\varphi_1) := V_{a_7_8_nm}(\varphi_1) \cdot \omega_1$$

Визначення векторів функцій лінійних швидкостей характерних точок

Визначаємо вектор функції лінійної швидкості точки 2:

$$V_{2_nm}(\varphi_1) := r'(P_{2_nm}, \varphi_1) \cdot \omega_1$$

Визначаємо вектор функції лінійної швидкості точки 3:

$$V_{3_nm}(\varphi_1) := r'(P_{3_nm}, \varphi_1) \cdot \omega_1$$

Визначаємо вектор функції лінійної швидкості точки 4:

$$V_{4_nm}(\varphi_1) := r'(P_{4_nm}, \varphi_1) \cdot \omega_1$$

					МДР.ОБ7.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Визначаємо вектор функції лінійної швидкості точки 5:

$$V_{5_nm}(\varphi_1) := r'(P_{5_nm}, \varphi_1) \cdot \omega_1$$

Визначаємо вектор функції лінійної швидкості точки 8:

$$V_{8_nm}(\varphi_1) := r'(P_{8_nm}, \varphi_1) \cdot \omega_1$$

3.2.4. Розрахунок функцій прискорень механізму

Визначення векторів функцій аналогів тангенціальних прискорень точок

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

$$A_{a_2_3_nm}(\varphi_1) := r''(P_{2_3_nm}, \varphi_1)$$

Визначаємо вектор функції аналога тангенціального прискорення точки 5 відносно точки 3:

$$A_{a_3_5_nm}(\varphi_1) := r''(P_{3_5_nm}, \varphi_1)$$

Визначаємо вектор функції аналога тангенціального прискорення точки 4 відносно точки 6:

$$A_{a_6_4_nm}(\varphi_1) := r''(P_{6_4_nm}, \varphi_1)$$

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

$$A_{a_7_5_nm}(\varphi_1) := r''(P_{7_5_nm}, \varphi_1)$$

Визначаємо вектор функції аналога тангенціального прискорення точки 8 відносно точки 7:

$$A_{a_7_8_nm}(\varphi_1) := r''(P_{7_8_nm}, \varphi_1)$$

Визначення векторів функцій аналогів кутових прискорень векторів-ланок

Визначаємо вектор функції аналога кутового прискорення вектора-ланки P_{2-3-nm} :

					МДР.ОБ7.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

$$\varepsilon_{a_{2_3_{nm}}}(\varphi_1) := \varepsilon_a \left(P_{2_3_{nm}}(\varphi_1), A_{a_{2_3_{nm}}}(\varphi_1) \right)$$

Визначаємо вектор функції аналога кутового прискорення вектора-ланки $P_{3_5_{nm}}$:

5- nm :

$$\varepsilon_{a_{3_5_{nm}}}(\varphi_1) := \varepsilon_a \left(P_{3_5_{nm}}(\varphi_1), A_{a_{3_5_{nm}}}(\varphi_1) \right)$$

Визначаємо вектор функції аналога кутового прискорення вектора-ланки $P_{6_4_{nm}}$:

4- nm :

$$\varepsilon_{a_{6_4_{nm}}}(\varphi_1) := \varepsilon_a \left(P_{6_4_{nm}}(\varphi_1), A_{a_{6_4_{nm}}}(\varphi_1) \right)$$

Визначаємо вектор функції аналога кутового прискорення вектора-ланки $P_{7_5_{nm}}$:

5- nm :

$$\varepsilon_{a_{7_5_{nm}}}(\varphi_1) := \varepsilon_a \left(P_{7_5_{nm}}(\varphi_1), A_{a_{7_5_{nm}}}(\varphi_1) \right)$$

Визначаємо вектор функції аналога кутового прискорення вектора-ланки $P_{7_8_{nm}}$:

8- nm :

$$\varepsilon_{a_{7_8_{nm}}}(\varphi_1) := \varepsilon_a \left(P_{7_8_{nm}}(\varphi_1), A_{a_{7_8_{nm}}}(\varphi_1) \right)$$

Визначення векторів функцій дійсних кутових прискорень векторів-ланок

Визначаємо вектор функції дійсного кутового прискорення вектора лнки $P_{2_3_{nm}}$:

3- nm :

$$\varepsilon_{2_3_{nm}}(\varphi_1) := \varepsilon_{a_{2_3_{nm}}}(\varphi_1) \cdot \omega_1^2 + \omega_{a_{2_3_{nm}}}(\varphi_1) \cdot \varepsilon_1$$

Визначаємо вектор функції дійсного кутового прискорення вектора лнки $P_{3_5_{nm}}$:

5- nm :

$$\varepsilon_{3_5_{nm}}(\varphi_1) := \varepsilon_{a_{3_5_{nm}}}(\varphi_1) \cdot \omega_1^2 + \omega_{a_{3_5_{nm}}}(\varphi_1) \cdot \varepsilon_1$$

Визначаємо вектор функції дійсного кутового прискорення вектора лнки $P_{6_4_{nm}}$:

4- nm :

$$\varepsilon_{6_4_{nm}}(\varphi_1) := \varepsilon_{a_{6_4_{nm}}}(\varphi_1) \cdot \omega_1^2 + \omega_{a_{6_4_{nm}}}(\varphi_1) \cdot \varepsilon_1$$

Визначаємо вектор функції дійсного кутового прискорення вектора лнки $P_{7_5_{nm}}$:

5- nm :

$$\varepsilon_{7_5_{nm}}(\varphi_1) := \varepsilon_{a_{7_5_{nm}}}(\varphi_1) \cdot \omega_1^2 + \omega_{a_{7_5_{nm}}}(\varphi_1) \cdot \varepsilon_1$$

					МДР.ОБ7.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Визначаємо вектор функції дійсного кутового прискорення вектора лнки P_7 .

8- nm :

$$\varepsilon_{7_8_nm}(\varphi_1) := \varepsilon_{a_7_8_nm}(\varphi_1) \cdot \omega_1^2 + \omega_{a_7_8_nm}(\varphi_1) \cdot \varepsilon_1$$

Визначення векторів функцій дійсних кутових прискорень точок

Визначаємо вектор функції дійсного кутового прискорення точки 3 відносно точки 2:

$$A_{2_3_nm}(\varphi_1) := A_{a_2_3_nm}(\varphi_1) \cdot \omega_1^2 + A_{a_2_3_nm}(\varphi_1) \cdot \varepsilon_1$$

Визначаємо вектор функції дійсного кутового прискорення точки 5 відносно точки 3:

$$A_{3_5_nm}(\varphi_1) := A_{a_3_5_nm}(\varphi_1) \cdot \omega_1^2 + A_{a_3_5_nm}(\varphi_1) \cdot \varepsilon_1$$

Визначаємо вектор функції дійсного кутового прискорення точки 4 відносно точки 6:

$$A_{6_4_nm}(\varphi_1) := A_{a_6_4_nm}(\varphi_1) \cdot \omega_1^2 + A_{a_6_4_nm}(\varphi_1) \cdot \varepsilon_1$$

Визначаємо вектор функції дійсного кутового прискорення точки 5 відносно точки 7:

$$A_{7_5_nm}(\varphi_1) := A_{a_7_5_nm}(\varphi_1) \cdot \omega_1^2 + A_{a_7_5_nm}(\varphi_1) \cdot \varepsilon_1$$

Визначаємо вектор функції дійсного кутового прискорення точки 8 відносно точки 7:

$$A_{7_8_nm}(\varphi_1) := A_{a_7_8_nm}(\varphi_1) \cdot \omega_1^2 + A_{a_7_8_nm}(\varphi_1) \cdot \varepsilon_1$$

Визначення векторів функцій лінійних прискорень характерних точок

Визначаємо вектор функції лінійного прискорення точки 2:

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

Визначаємо вектор функції лінійного прискорення точки 3:

$$A_{3_nm}(\varphi_1) := r''(P_{3_nm}, \varphi_1) \cdot \omega_1^2 + r'(P_{3_nm}, \varphi_1) \cdot \varepsilon_1$$

Визначаємо вектор функції лінійного прискорення точки 4:

$$A_{4_nm}(\varphi_1) := r''(P_{4_nm}, \varphi_1) \cdot \omega_1^2 + r'(P_{4_nm}, \varphi_1) \cdot \varepsilon_1$$

Визначаємо вектор функції лінійного прискорення точки 5:

$$A_{5_nm}(\varphi_1) := r''(P_{5_nm}, \varphi_1) \cdot \omega_1^2 + r'(P_{5_nm}, \varphi_1) \cdot \varepsilon_1$$

					МДР.ОБ7.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Визначаємо вектор функції лінійного прискорення точки 8:

$$A_{8_nm}(\varphi_1) := r''(P_{8_nm}, \varphi_1) \cdot \omega_1^2 + r'(P_{8_nm}, \varphi_1) \cdot \varepsilon_1$$

3.3. Результати розрахунків

Кут повороту	Функції положення, мм									
	P2 _x	P2 _y	P3 _x	P3 _y	P4 _x	P4 _y	P5 _x	P5 _y	P8 _x	P8 _y
0	-49.63	6.09	146.37	195.41	95.72	258.61	-7.07	277.45	-35.82	423.36
-30	-39.93	30.09	159.58	215.71	101	271.65	-3.38	276.71	-34.23	422.19
-60	-19.54	46.03	174.36	237.49	108.59	284.77	4.52	275.32	-30.78	419.78
-90	6.09	49.63	186.22	254.1	115.89	294.28	13.37	274.05	-26.86	417.22
-120	30.09	39.93	190.68	260.08	118.91	297.62	17.21	273.59	-25.14	416.15
-150	46.03	19.54	185.77	253.48	115.59	293.93	12.99	274.1	-27.03	417.32
-180	49.63	-6.09	173.69	236.53	108.21	284.21	4.09	275.39	-30.97	419.91
-210	39.93	-30.09	159.09	214.98	100.78	271.2	-3.57	276.75	-34.31	422.26
-240	19.54	-46.03	146.25	195.22	95.68	258.49	-7.09	277.46	-35.82	423.37
-270	-6.09	-49.63	137.8	181.78	93.15	249.37	-7.48	277.54	-35.99	423.5
-300	-30.09	-39.93	134.83	176.99	92.43	246.01	-7.21	277.48	-35.88	423.41
-330	-46.03	-19.54	137.73	181.68	93.13	249.29	-7.48	277.54	-35.99	423.49
-360	-49.63	6.09	146.37	195.41	95.72	258.61	-7.07	277.45	-35.82	423.36

Кут повороту	Функції швидкостей, м/сек									
	V2 _X	V2 _Y	V3 _X	V3 _Y	V4 _X	V4 _Y	V5 _X	V5 _Y	V8 _X	V8 _Y
0	0.58	4.68	2.03	3.18	0.69	2.11	0.3	-0.06	0.13	-0.09
-30	2.84	3.77	2.64	3.98	1.2	2.48	1.07	-0.21	0.46	-0.34
-60	4.34	1.84	2.55	3.66	1.46	2.14	1.67	-0.27	0.74	-0.5
-90	4.68	-0.58	1.58	2.16	1.05	1.21	1.32	-0.17	0.59	-0.37
-120	3.77	-2.84	-0.04	-0.06	-0.03	-0.03	-0.04	0	-0.02	0.01
-150	1.84	-4.34	-1.65	-2.26	-1.09	-1.27	-1.36	0.17	-0.61	0.38
-180	-0.58	-4.68	-2.55	-3.67	-1.44	-2.15	-1.65	0.27	-0.72	0.49
-210	-2.84	-3.77	-2.58	-3.9	-1.16	-2.43	-1.03	0.2	-0.44	0.32
-240	-4.34	-1.84	-1.97	-3.09	-0.67	-2.05	-0.28	0.06	-0.12	0.09
-270	-4.64	0.58	-1.05	-1.69	-0.27	-1.17	0.06	-0.01	0.02	-0.02
-300	-3.77	2.84	-0.01	-0.02	-0	-0.01	0	-0	0	-0
-330	-1.84	4.34	1.05	1.7	0.27	1.18	-0.06	0.01	-0.02	0.02
-360	0.58	4.68	2.03	3.18	-0.69	2.11	0.3	-0.06	0.13	-0.09

Кут повороту	Функції прискорень, м/сек ²									
	A2 _X	A2 _Y	A3 _X	A3 _Y	A4 _X	A4 _Y	A5 _X	A5 _Y	A8 _X	A8 _Y
0	442.25	-54.3	153.56	221.47	90.67	124.74	111.06	-22.71	47.73	-35.39
-30	355.85	-268.15	56.23	53.43	82.14	3.02	150	-24.24	65.88	-44.74
-60	174.1	-410.15	-94.85	-171.87	-4.8	-120.97	40.01	4.73	20.05	-6.62
-90	-54.3	-442.25	-247.47	-355.55	-144.68	-205.1	-171.56	28.42	-75.2	51.5
-120	-268.15	-355.85	-317.84	-420.82	-219.97	-233.73	-282.6	31.37	-127.29	77.5
-150	-410.15	-174.1	-239.53	-346.99	-136.97	-201.14	-160.18	27.72	-69.95	48.65
-180	-442.25	54.3	-80.45	-151.02	3.99	-109.41	51.17	2.5	24.86	-10.14
-210	-355.85	268.15	62.44	64.42	82.31	11.09	146.74	-24.13	64.36	-43.97
-240	-174.1	410.15	146.69	211.84	86.08	119.65	104.87	-21.46	45.06	-33.43
-270	54.3	442.25	180.28	284.64	57.99	190.94	17.9	-3.74	7.68	-5.74
-300	268.15	355.85	191.6	311.26	42.89	219.9	-24.92	5.19	-10.69	7.98
-330	410.15	174.1	189.32	299.18	60.34	201.02	17.51	-3.65	7.51	-5.61
-360	442.25	-54.3	153.56	221.47	90.67	124.74	111.06	-22.7	47.73	-35.39

Кут кривошипа	Кути повороту, град.					
	ϕ 2_3	ϕ 3_4	ϕ 4_6	ϕ 3_5	ϕ 7_5	ϕ 7_8
0	0.77	2.25	2.82	2.65	-1.78	-2.21
-30	0.75	2.38	2.69	2.78	-1.76	-2.2
-60	0.78	2.52	2.54	2.92	-1.73	-2.17
-90	0.85	2.62	2.43	3.03	-1.7	-2.13
-120	0.94	2.66	2.39	3.06	-1.68	-2.12
-150	1.03	2.62	2.43	3.02	-1.7	-2.13
-180	1.1	2.51	2.55	2.92	-1.73	-2.17
-210	1.12	2.37	2.69	2.78	-1.76	-2.2
-240	1.09	2.25	2.83	2.65	-1.78	-2.21
-270	1.01	2.15	2.92	2.56	-1.78	-2.21
-300	0.92	2.12	2.95	2.53	-1.78	-2.21
-330	0.83	2.15	2.92	2.56	-1.78	-2.21
-360	0.77	2.25	2.82	2.65	-1.78	-2.21

Кут кривошипа	Кутові швидкості, сек ⁻¹				
	ω 2_3	ω 3_4	ω 3_5	ω 6_4	ω 7_5 ω 7_8
0	-7.68	21.13		-21.25	1.16
-30	1.07	25.71		-26.35	4.19
-60	9.37	23.15		-24.76	6.5
-90	15.16	13.43		-15.31	5.09
-120	17.32	-0.36		0.43	-0.15
-150	14.95	-14.06		15.98	-5.27
-180	8.15	-23.24		24.8	-6.4
-210	-1.06	-25.17		25.77	-4
-240	-9.84	-20.54		20.66	-1.1
-270	-15.72	-11.53		11.5	0.22
-300	-17.33	-0.12		0.12	0.01
-330	-14.41	11.61		-11.58	-0.23
-360	-7.68	21.13		-21.25	1.16

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МДР.ОВ7.00.00.ПЗ

Аркуш

52

Кут кривошипа	Кутові прискорення, сек ⁻²			
	ε 2_3	ε 3_4_5	ε 4_6	ε 5_7_8
0	1463.89	1352.69	-1404.86	434.32
-30	1612.94	229.1	-369.4	581.9
-60	1315.64	-1159.15	983.01	148.46
-90	742.22	-2242.17	2390.44	-665.77
-120	6.81	-2606.71	3071.43	-1089.42
-150	-862.87	-2192.35	2314.66	-622.23
-180	-1525.16	-1028.95	848.21	191.98
-210	-1707.37	303.77	-436.32	569.54
-240	-1380.57	1295.2	-1344.29	410.14
-270	-698.01	1897.39	-1905.01	70.07
-300	124.59	2154.67	-2143.96	-97.53
-330	907.92	1996.46	-2003.92	68.52
-360	1463.9	1352.64	-1404.88	434.32

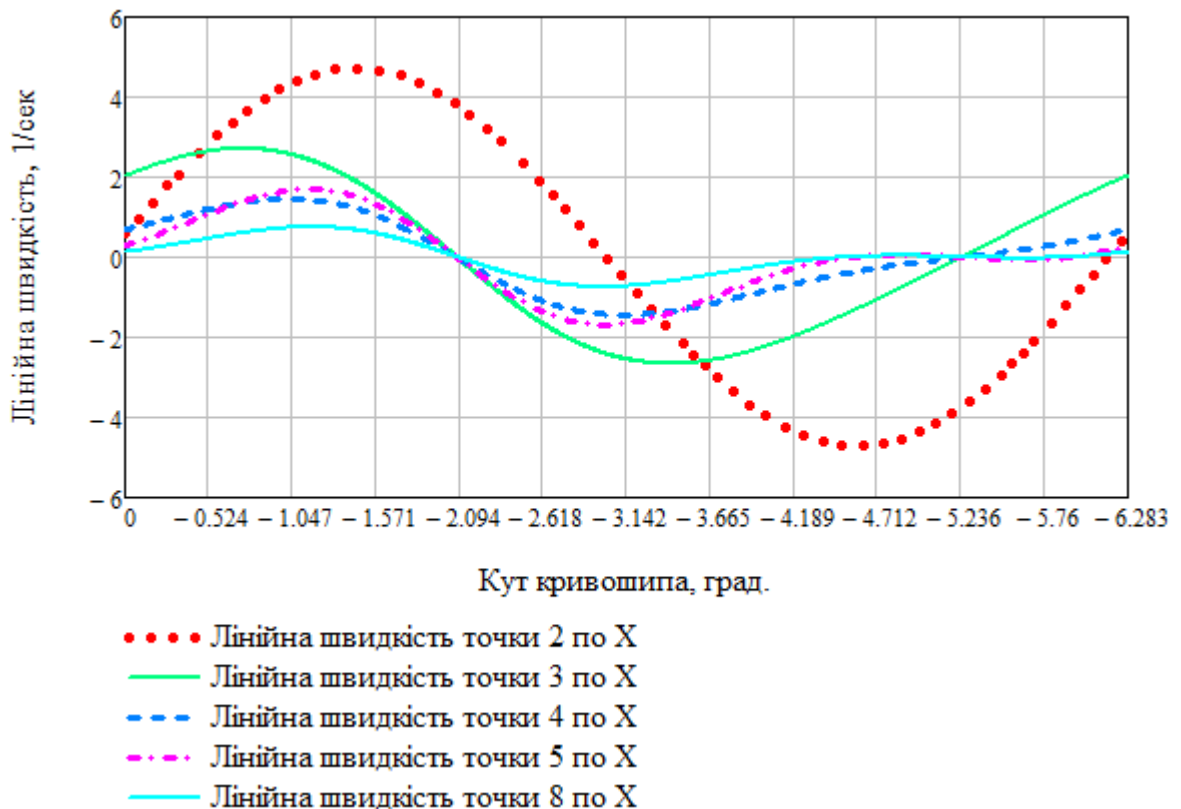


Рис. 3.1. Графік лінійних швидкостей точок по осі X

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

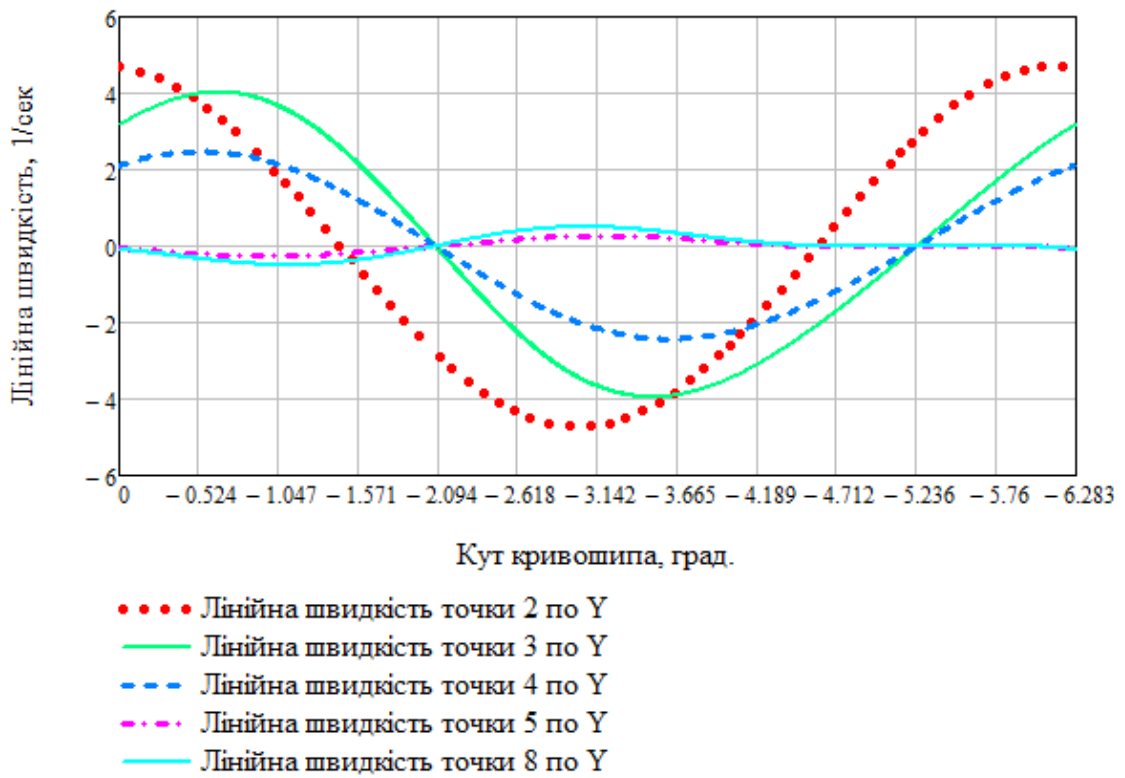


Рис.3.2. Графік лінійних швидкостей точок по осі Y

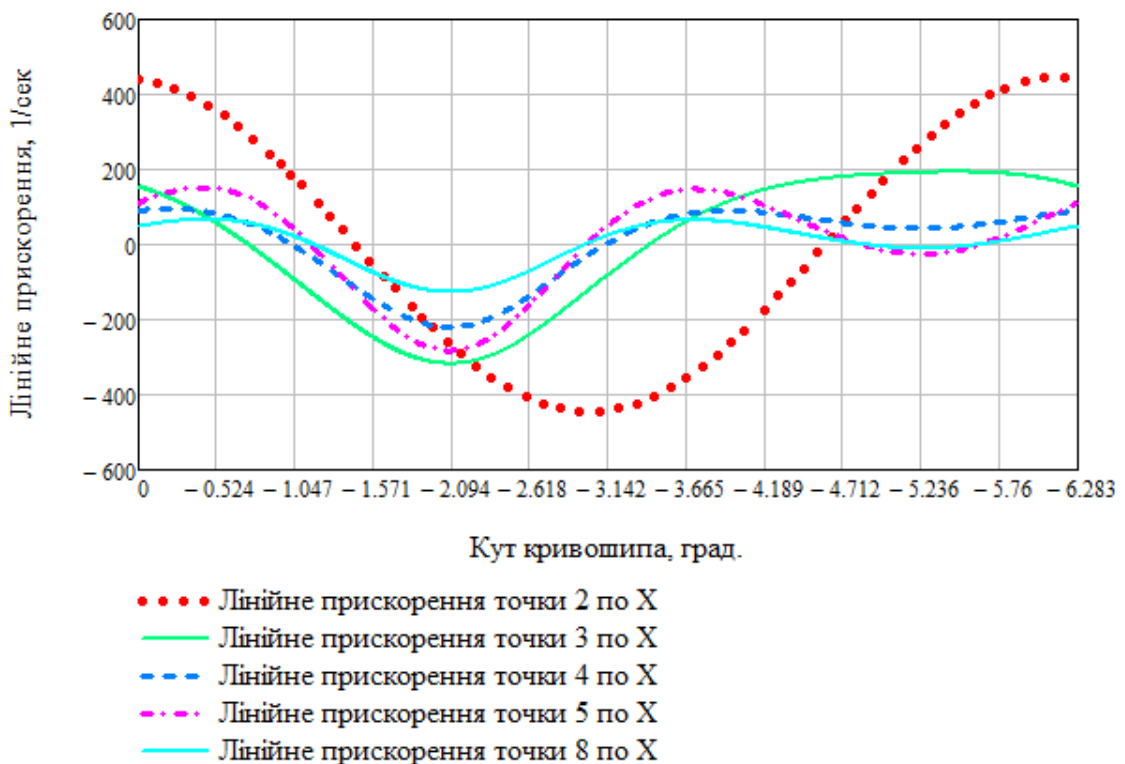


Рис.3.3. Графік лінійних прискорень точок по осі X

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

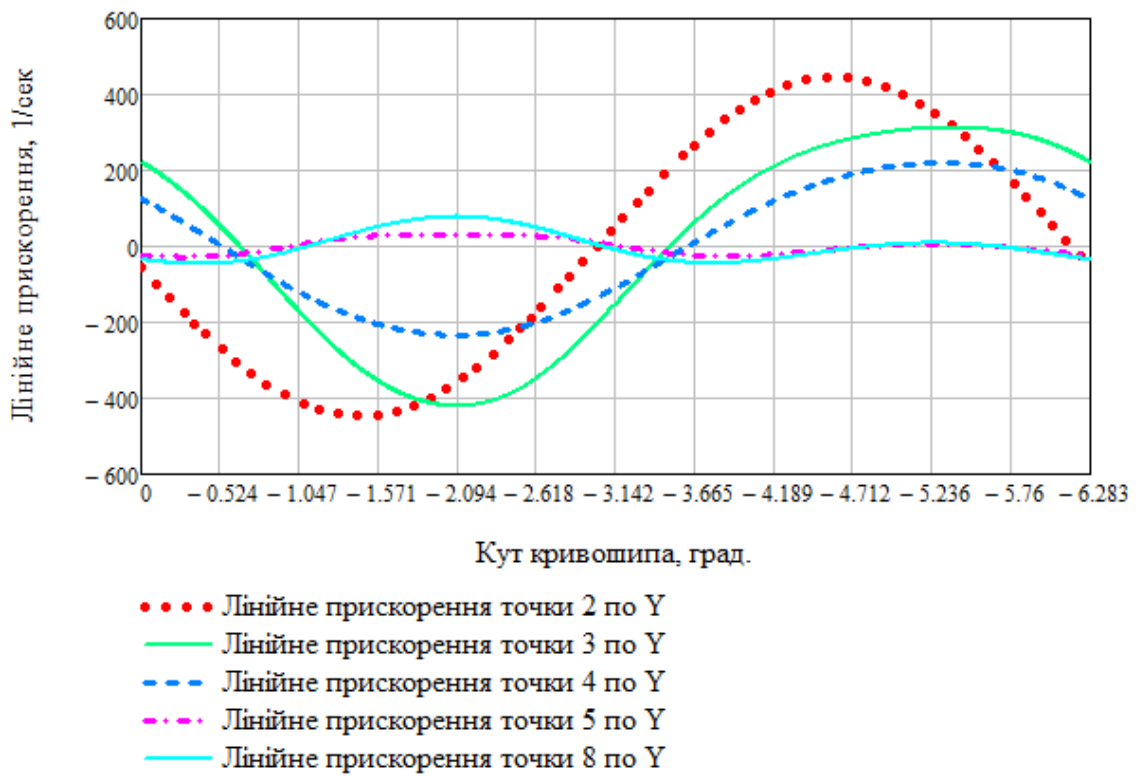


Рис. 3.4. Графік лінійних прискорень точок по осі Y

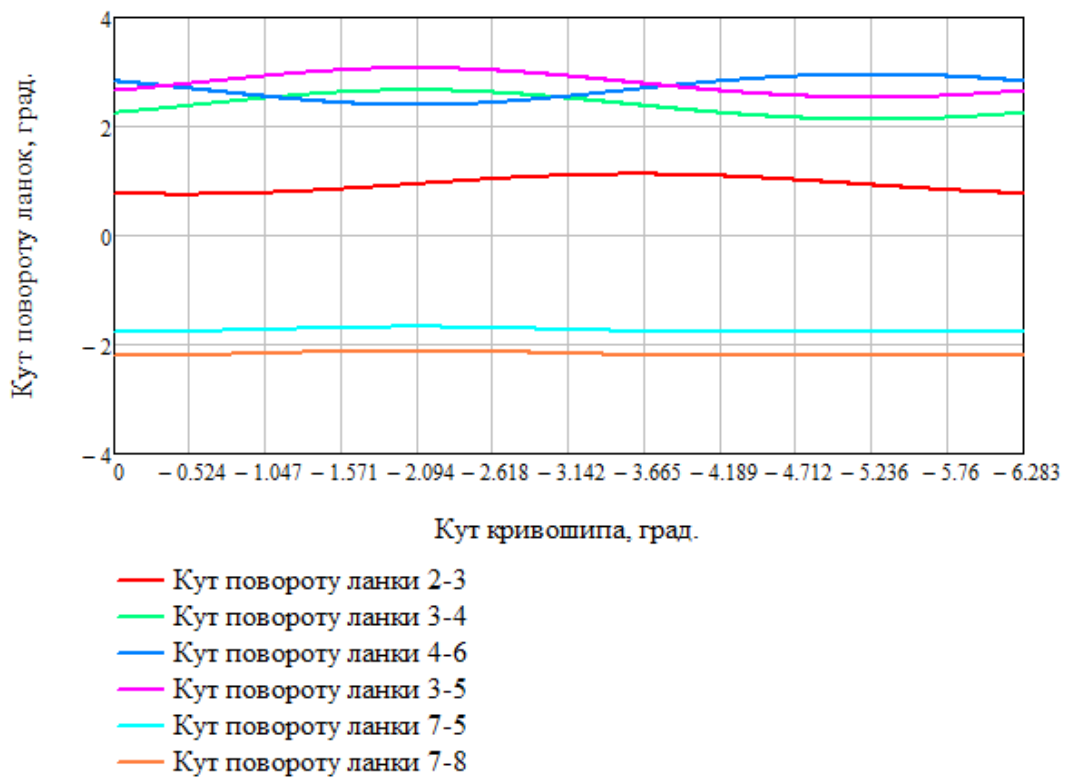


Рис. 3.5. Графік кутів повороту ланок

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

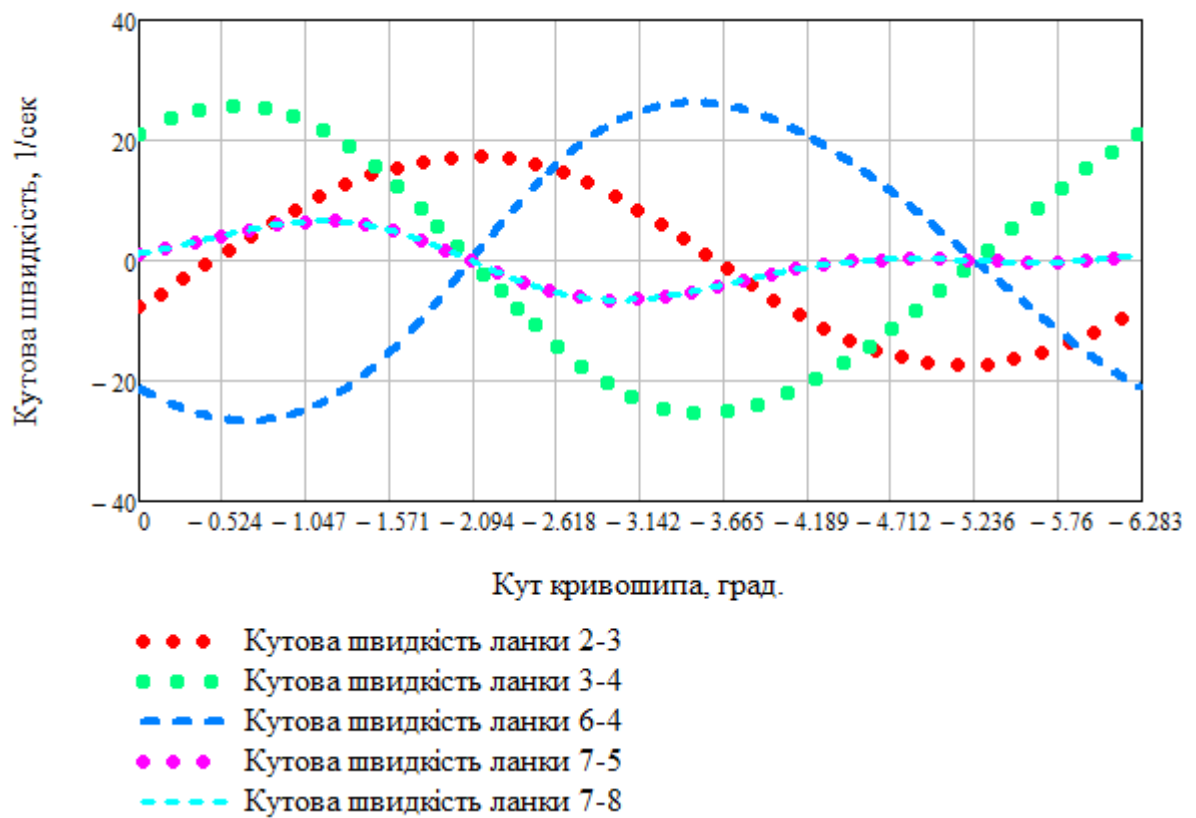


Рис. 3.6. Графік кутових швидкостей ланок



Рис. 3.7. Графік кутових прискорень ланок

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

3.4. Визначення закону переміщення вушкової голки

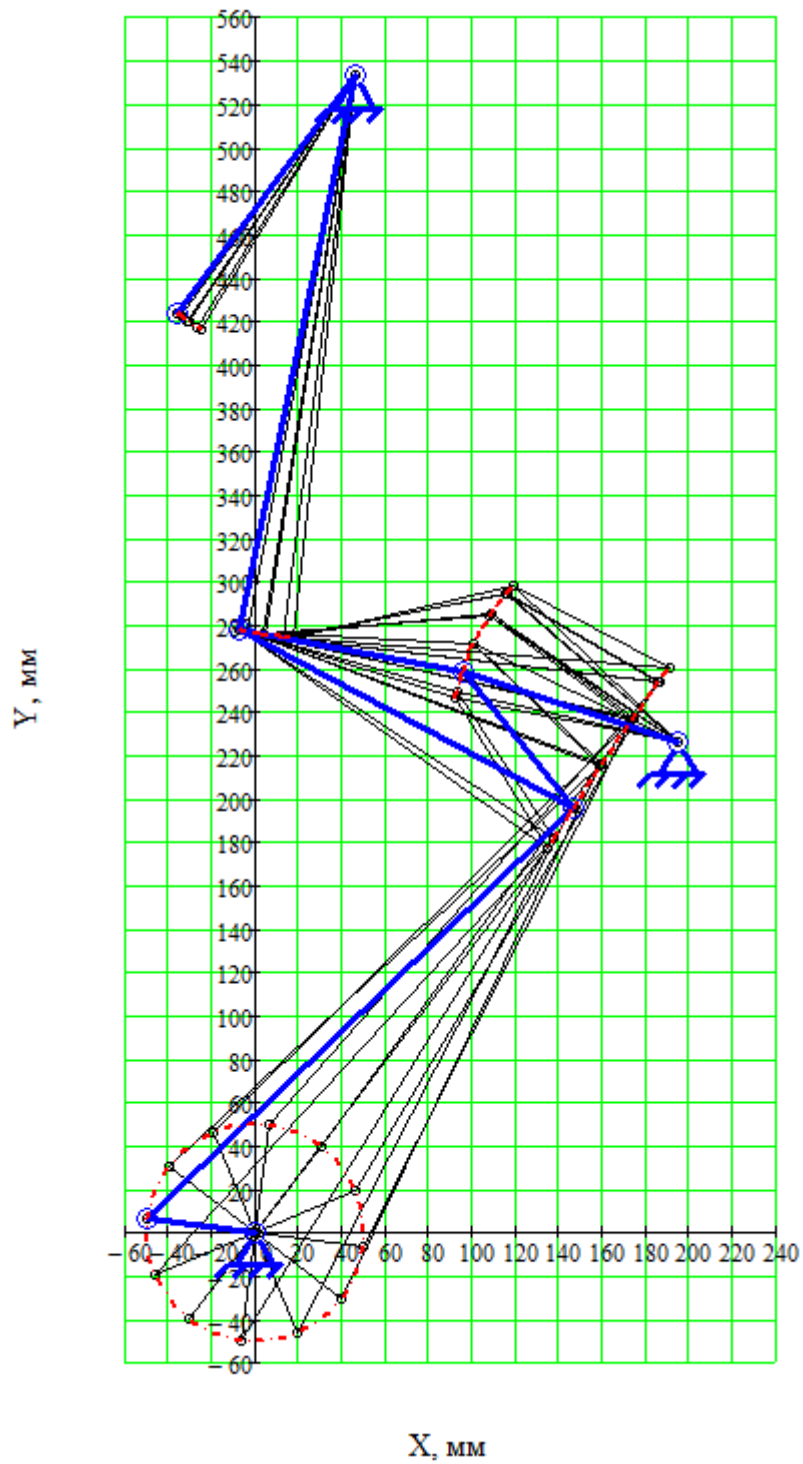


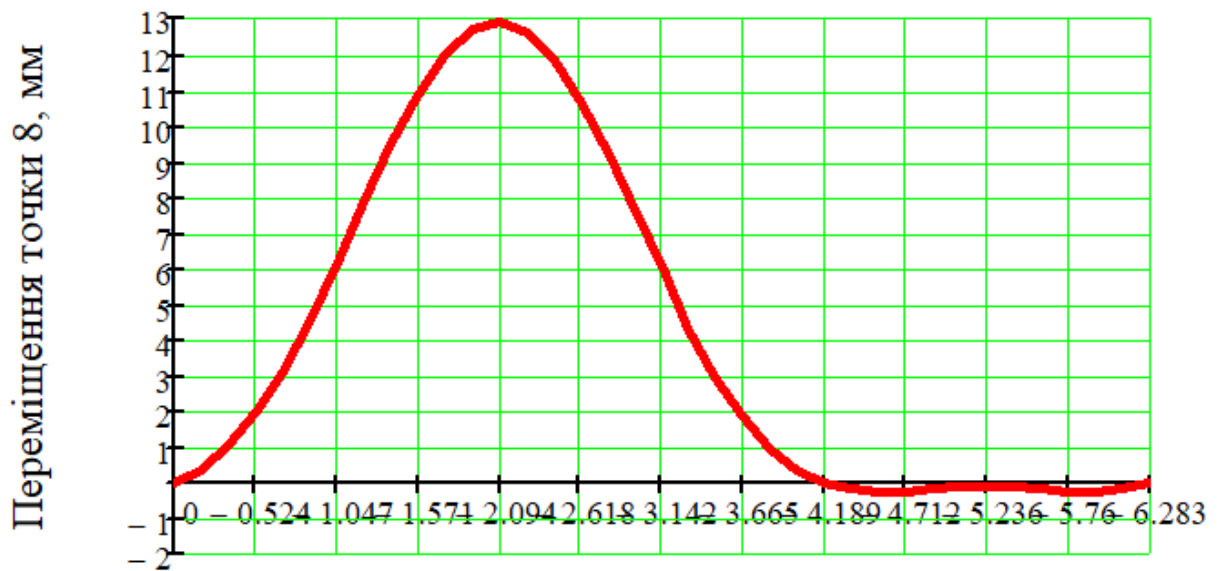
Рис. 2.9. Кінематична схема механізму коливного руху вушкових голок нової конструкції машини ОВ-7 з 12-ма положеннями механізму

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МДР.ОВ7.00.00.ПЗ

Аркуш

57



Кут повороту кривошипа, град.

Рис. 2.8. Діаграма переміщення робочої точки δ вушкової голки нової конструкції машини ОВ-7

Висновок. Здійснено метричний синтез нового механізму коливання вушкових голок методом Монте-Карло із застосуванням програми Mathcad, у результаті чого були отримані геометричні параметри ланок механізму та координати опорних стояків. Виконано кінематичний аналіз механізму вушкових голок нової конструкції, в результаті чого були отримані значення функцій положень, функцій лінійних швидкостей та лінійних прискорень точок механізму, і функцій кутових швидкостей та кутових прискорень ланок механізму.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МДР.ОВ7.00.00.ПЗ

Аркуш

58

РОЗДІЛ 4. Конструювання механізму вушкових голок нової конструкції

4.1. Опис процесу конструювання механізму в SolidWorks

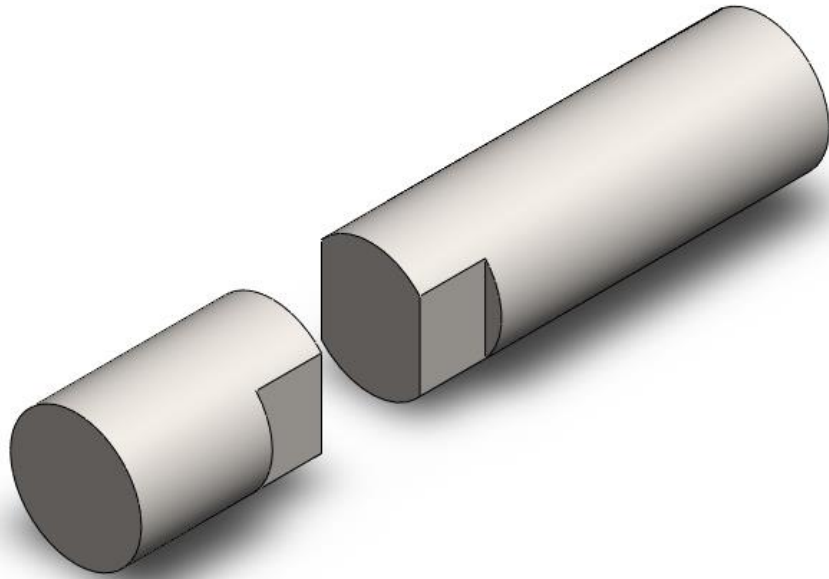


Рис. 4.1.1. Головний вал P_1

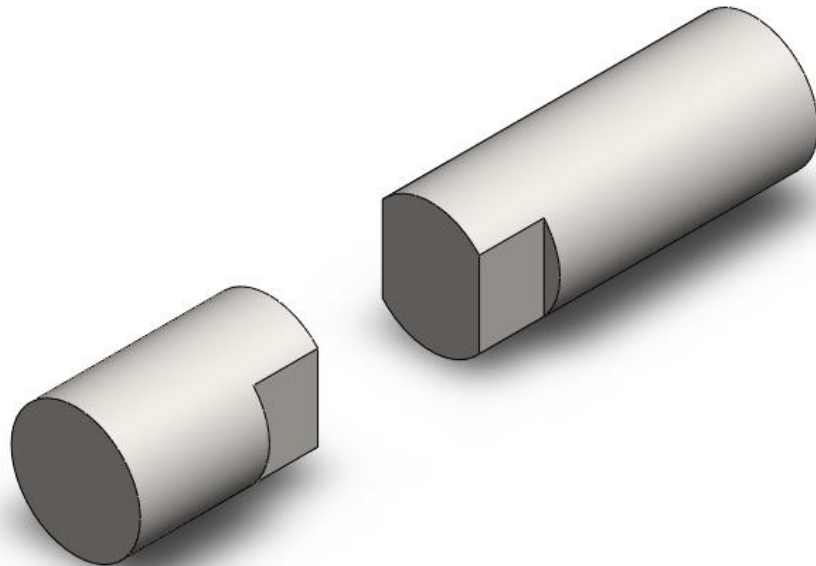


Рис. 4.1.2. Вісь P_6

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МДР.ОВ7.00.00.ПЗ

Аркуш

59



Рис. 4.1.3. Вісь P_7

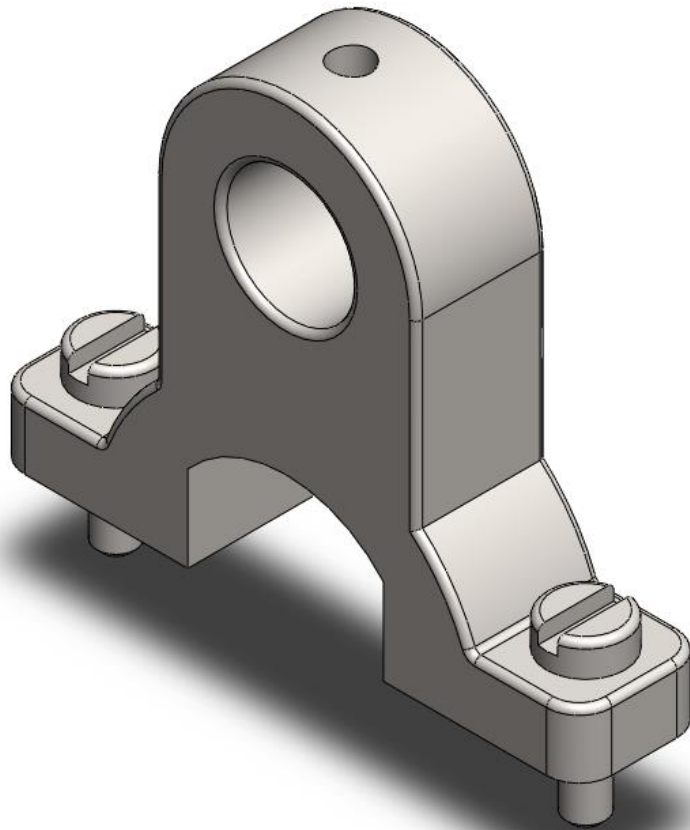


Рис. 4.1.4. Кривошип 1-2

<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>

МДР.ОВ7.00.00.ПЗ

Аркуш

60

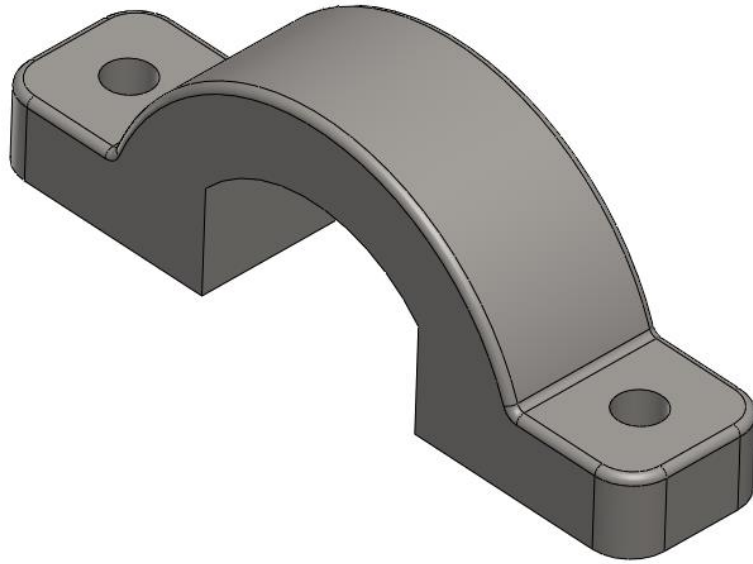


Рис. 4.1.5. Кришка кривошипа 1-2

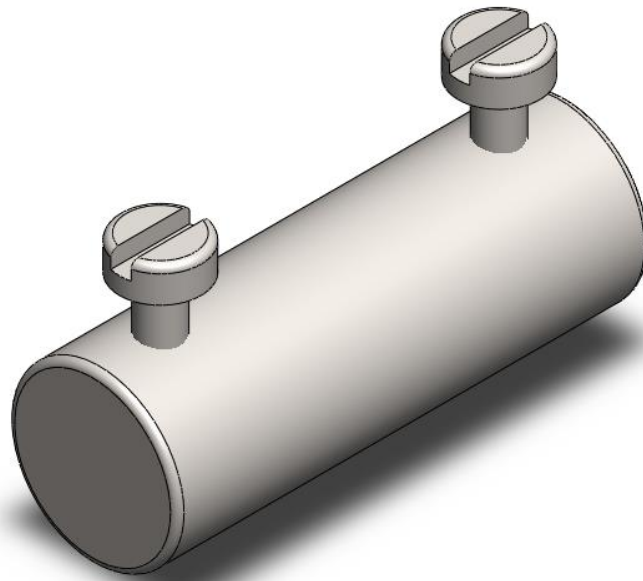


Рис. 4.1.6. Палець спарених кривошипів 1-2 з гвинтами

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МДР.ОВ7.00.00.ПЗ

Аркуш

61

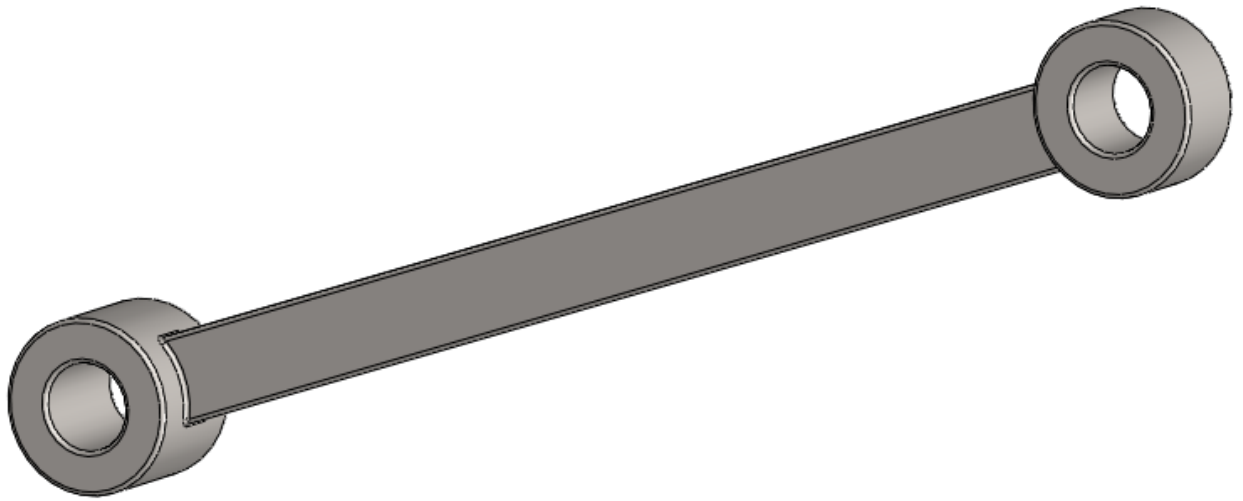


Рис. 4.1.7. Шатун 2-3

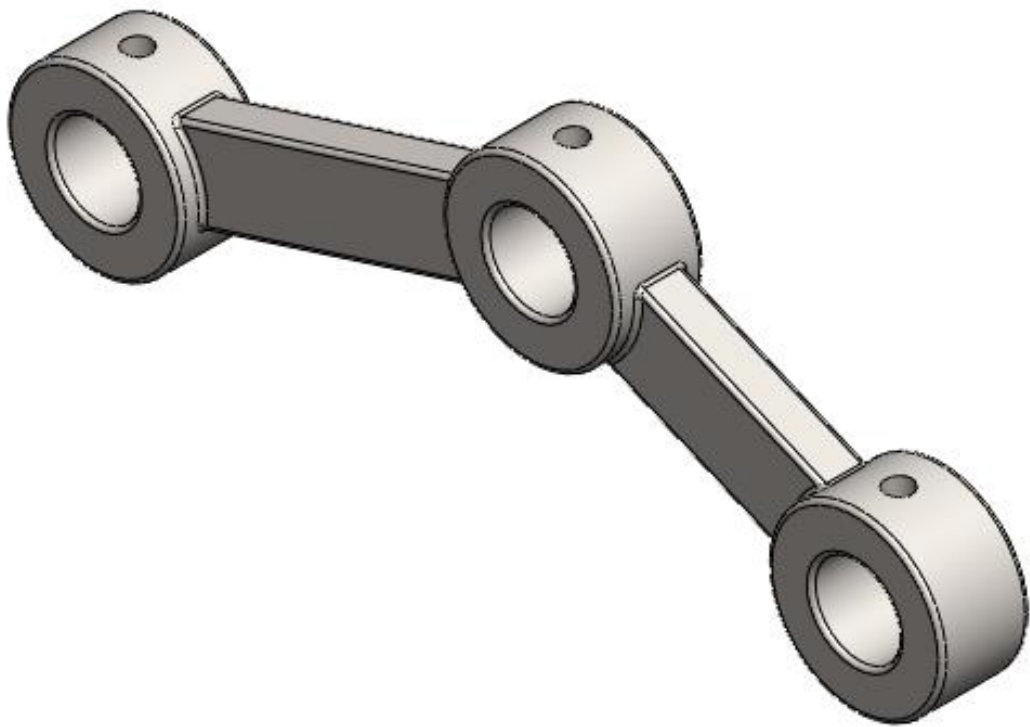


Рис. 4.1.8. Шатун 3-4-5

<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>

МДР.ОВ7.00.00.ПЗ

Аркуш

62

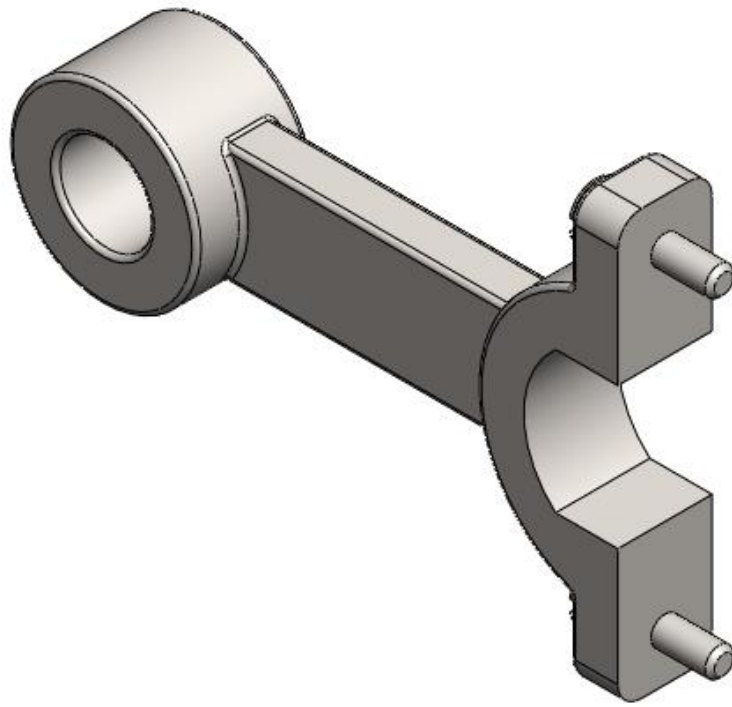


Рис. 4.1.9. Коромисло 6-4

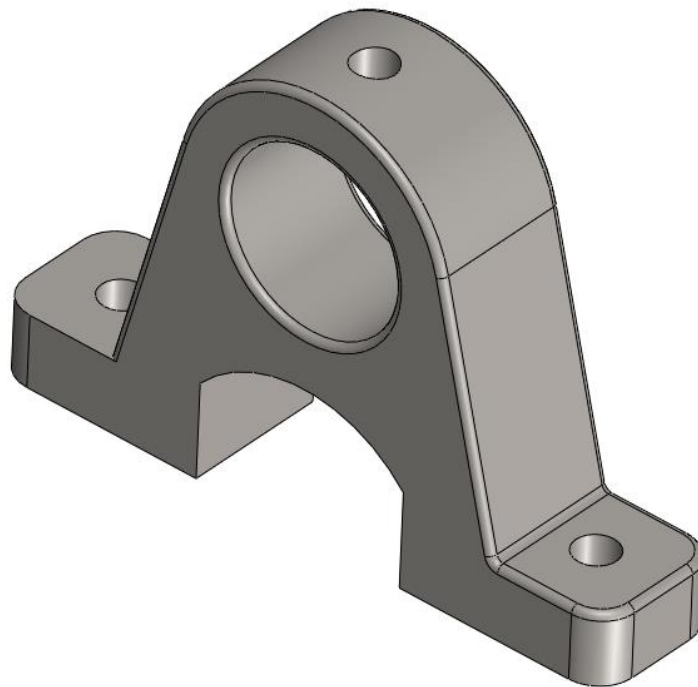


Рис. 4.1.10. Муфта 6 (коромисло)

<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>

МДР.ОВ7.00.00.ПЗ

Аркуш

63

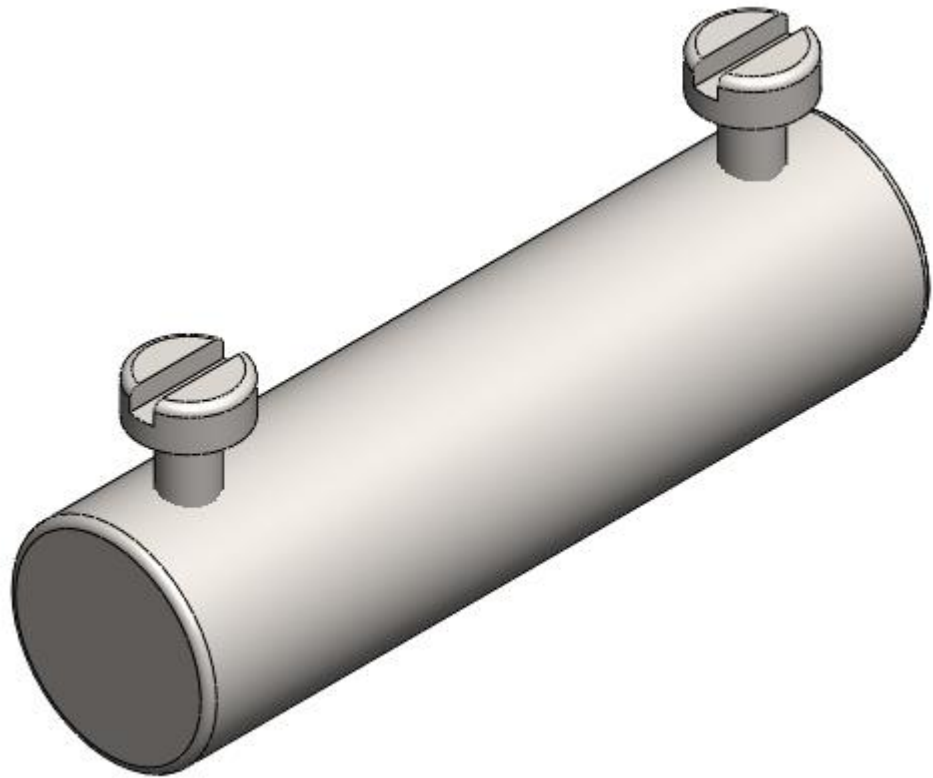


Рис. 4.1.11. Палець муфти 6 з гвинтами

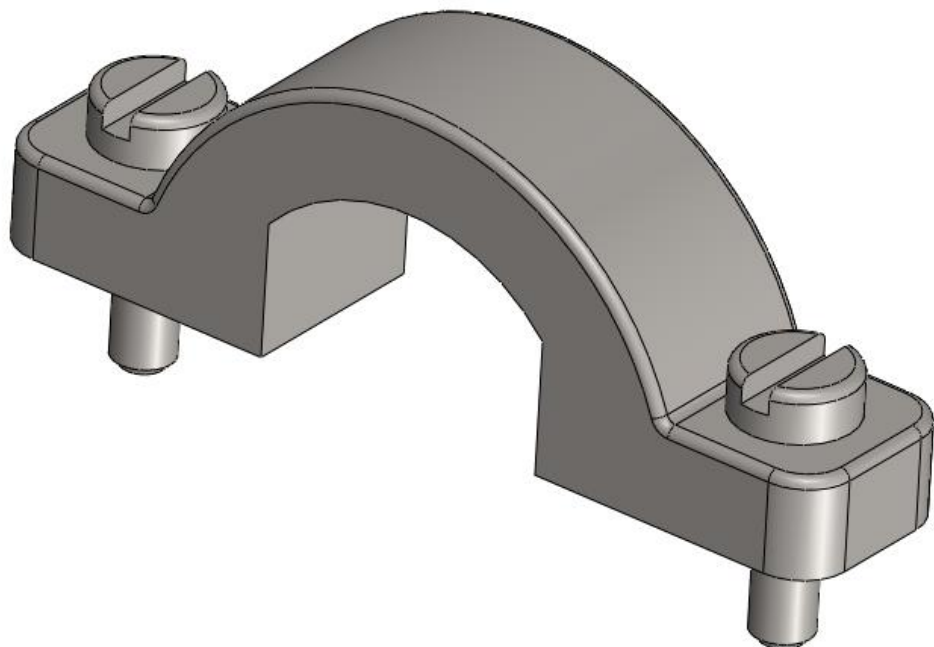


Рис. 4.1.12. Кришка муфти 6

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МДР.ОВ7.00.00.ПЗ

Аркуш

64

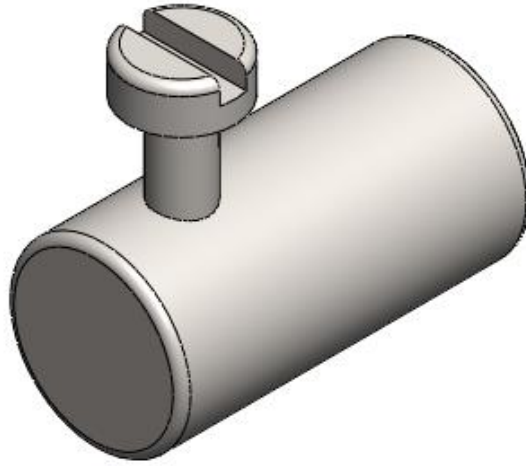


Рис. 4.1.13. Палець шатуна 3-4-5 з гвинтом

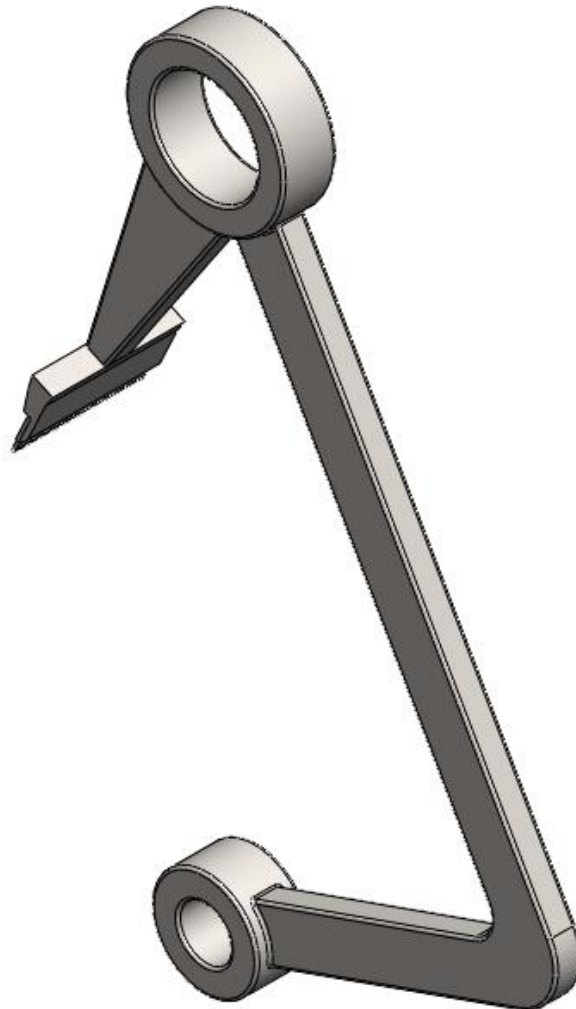


Рис. 4.1.14. Коромисло 5-7-8 з робочим органом – вушковими голками

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МДР.ОВ7.00.00.ПЗ

Аркуш

65

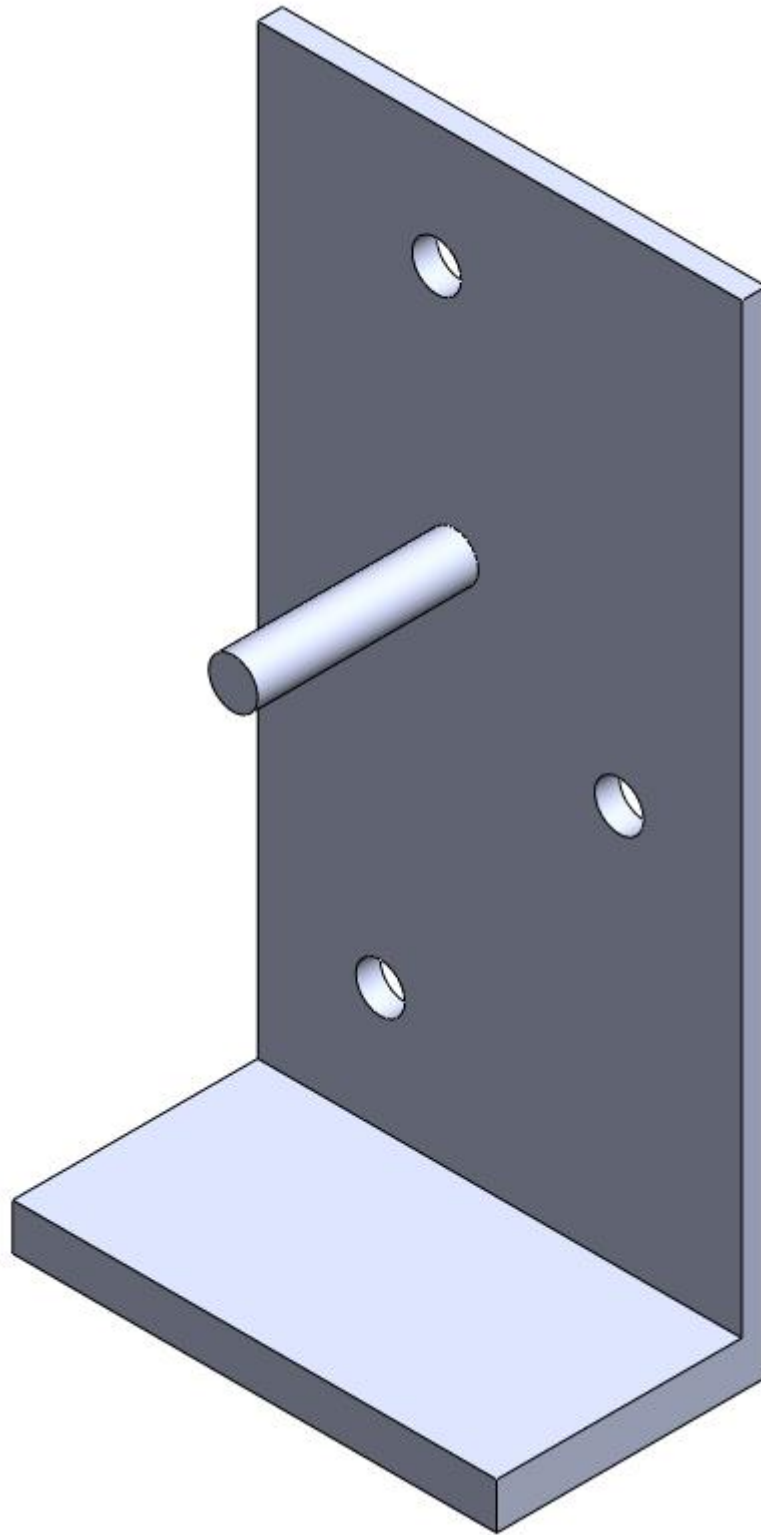


Рис. 4.1.15. Корпус з віссю

<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>

МДР.ОВ7.00.00.ПЗ

Аркуш

66

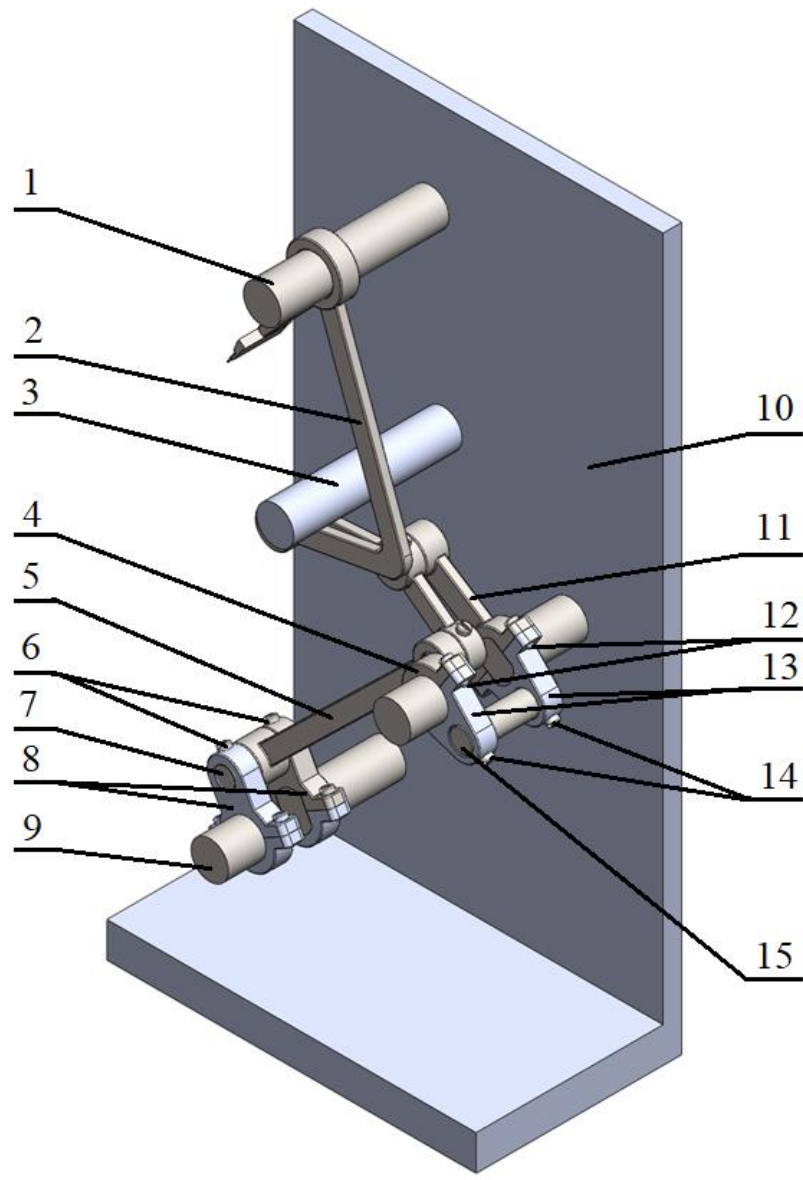


Рис. 4.1.16. Збірка механізму коливання вушкових голок нової конструкції основов'язальної машини ОВ-7

- | | |
|--|-----------------------------------|
| ; | 9 – Головний вал 1; |
| 2 – Коромисло 5-7-8; | 10 – Корпус; |
| 3 – Вісь механізму пресу; | 11 – Коромисло 6-4; |
| 4 – Кришка муфти 6; | 12 – Гвинти муфти 6; |
| 5 – Шатун 2-3; | 13 – Муфта 6 (спарені коромисла); |
| 6 – Гвинти пальця спареного кривошипу; | 14 – Гвинти пальця муфти; |
| 7 – Палець спареного кривошипу; | 15 – Палець муфти. |
| 8 – Спарений кривошип 1-2; | |

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МДР.ОВ7.00.00.ПЗ

4.2. Визначення маса-інерційних параметрів в SolidWorks

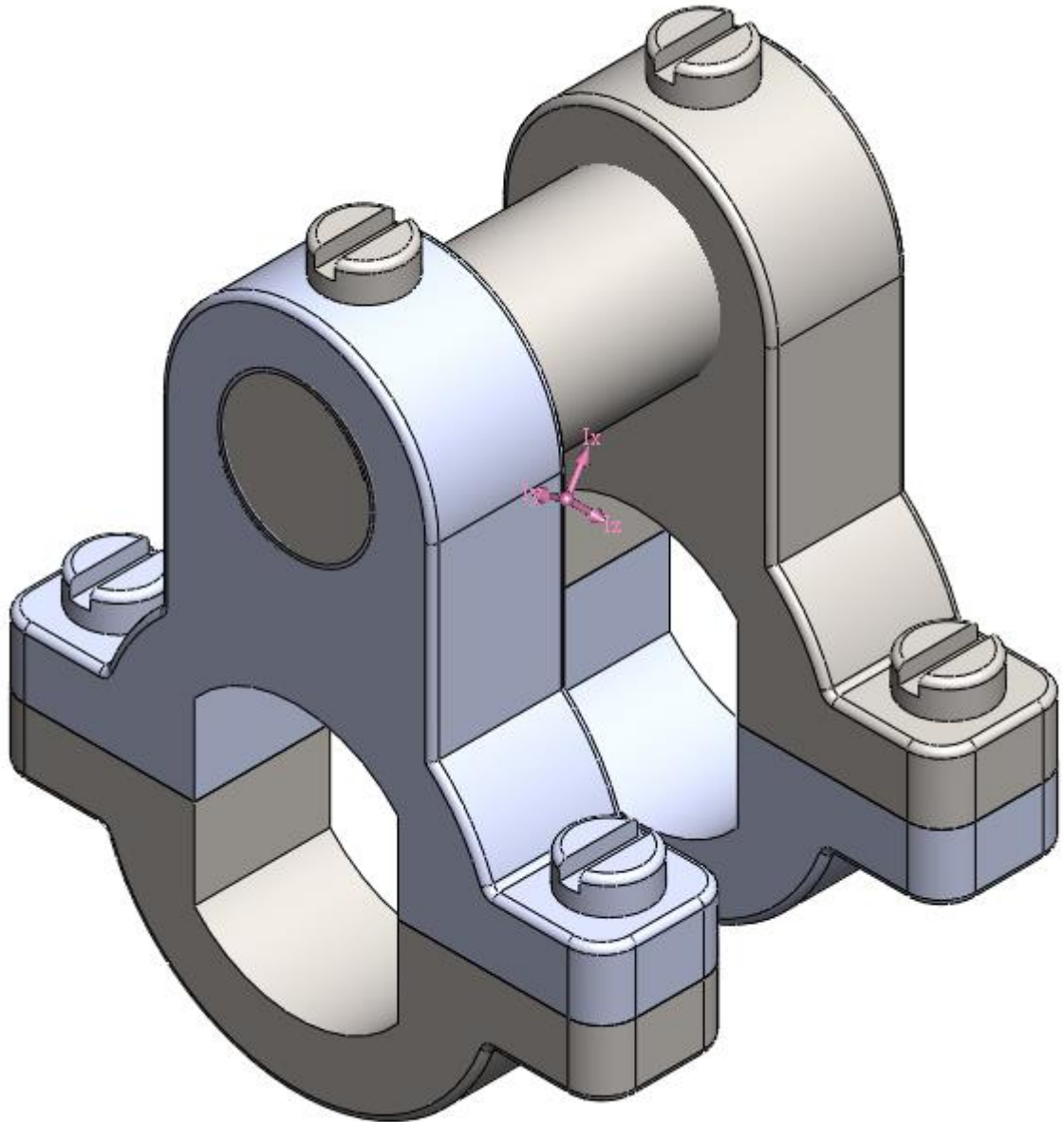


Рис. 4.2.1. Загальний вигляд ланки 1-2

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МДР.ОВ7.00.00.ПЗ

Аркуш

68

Массовые характеристики: Сборка1
 Конфигурация: Default
 Система координат: -- по умолчанию --

Масса = 912.16 граммов
 Объем = 179618.96 кубические миллиметры
 Площадь поверхности = 48667.13 квадратных миллиметры

Центр тяжести: (миллиметры)
 X = 41.13
 Y = 66.35
 Z = 70.35

Основные оси инерции и основные моменты инерции: (граммов * квадратные миллиметры)
 центр тяжести
 lx = (0.00, 0.85, -0.53) Px = 705897.28
 ly = (0.00, 0.53, 0.85) Py = 1084385.07
 lz = (1.00, 0.00, 0.00) Pz = 1189631.49

Моменты инерции: (граммов * квадратные миллиметры)
 Определяются в центре тяжести и выравниваются относительно системы координат вывода.
 Lxx = 1189631.49 Lxy = 0.36 Lxz = 1.38
 Lyx = 0.36 Lyy = 811434.22 Lyz = -169724.48
 Lzx = 1.38 Lzy = -169724.48 Lzz = 978848.12

Моменты инерции: (граммов * квадратные миллиметры)
 Вычисляется с помощью системы координат вывода.
 lxx = 9720350.84 lxy = 2489197.16 lxz = 2639375.15
 lyx = 2489197.16 lyy = 6869320.79 lyz = 4088326.71
 lzx = 2639375.15 lzy = 4088326.71 lzz = 6537562.44

Рис. 4.2.2. Маса-інерційні параметри ланки 1-2

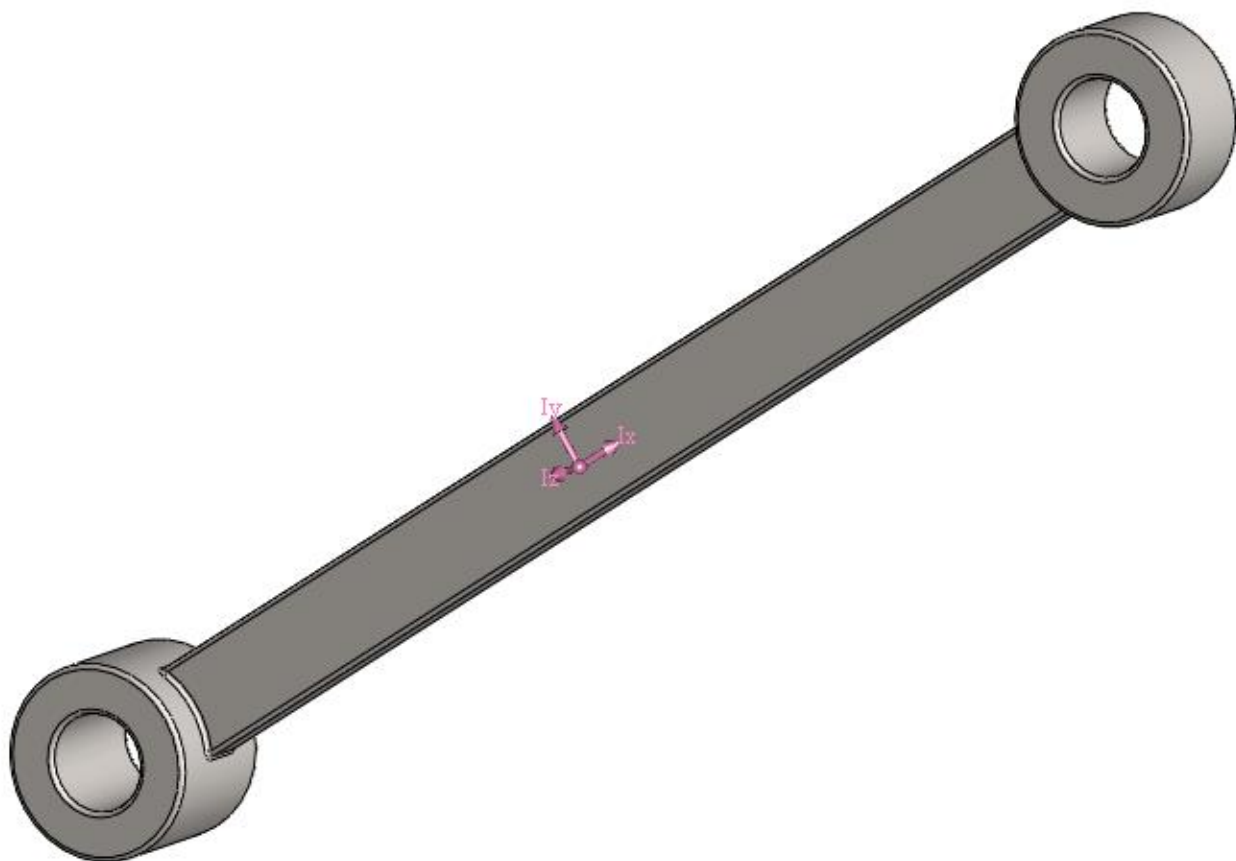


Рис. 4.2.3. Загальний вигляд ланки 2-3

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МДР.ОВ7.00.00.ПЗ

Аркуш

70

Массовые характеристики: Сборка2
 Конфигурация: Default
 Система координат: -- по умолчанию --

Масса = 730.27 граммов
 Объем = 93624.68 кубические миллиметры
 Площадь поверхности = 26135.38 квадратных миллиметры

Центр тяжести: (миллиметры)
 X = 132.27
 Y = 159.81
 Z = 224.53

Основные оси инерции и основные моменты инерции: (граммов * квадратные миллиметры)
 центр тяжести
 lx = (0.00, 1.00, 0.00) Px = 82123.85
 ly = (-1.00, 0.00, 0.00) Py = 8398236.67
 lz = (0.00, 0.00, 1.00) Pz = 8431849.33

Моменты инерции: (граммов * квадратные миллиметры)
 Определяются в центре тяжести и выравниваются относительно системы координат вывода.
 Lxx = 8398236.67 Lxy = 0.02 Lxz = 0.00
 Lyx = 0.02 Lyy = 82123.85 Lyz = 0.00
 Lzx = 0.00 Lzy = 0.00 Lzz = 8431849.33

Моменты инерции: (граммов * квадратные миллиметры)
 Вычисляется с помощью системы координат вывода.
 lxx = 63864707.96 lxy = 15436336.78 lxz = 21688053.43
 lyx = 15436336.78 lyy = 49674516.82 lyz = 26203677.45
 lzx = 21688053.43 lzy = 26203677.45 lzz = 39858378.99

Рис. 4.2.4. Маса-інерційні параметри ланки 2-3

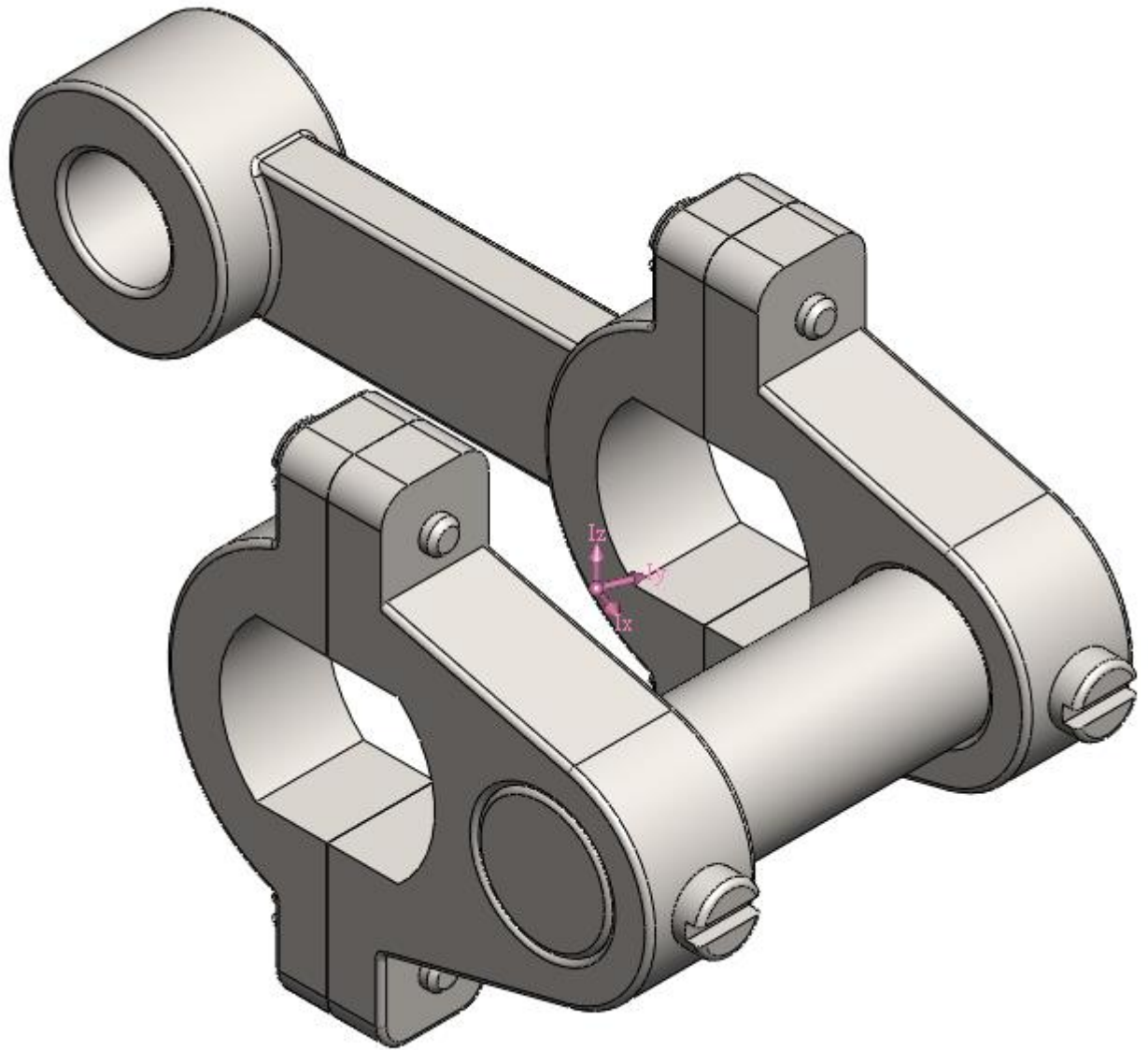


Рис. 4.2.5. Загальний вигляд ланки 6-4

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МДР.ОВ7.00.00.ПЗ

Аркуш

72

Массовые характеристики: Сборка3
 Конфигурация: Default
 Система координат: -- по умолчанию --

Масса = 1639.05 граммов

Объем = 210134.82 кубические миллиметры

Площадь поверхности = 58020.98 квадратных миллиметры

Центр тяжести: (миллиметры)
 X = 61.94
 Y = 126.93
 Z = 117.33

Основные оси инерции и основные моменты инерции: (граммов * квадратные миллиметры)
 центр тяжести
 lx = (0.93, 0.00, 0.36) Px = 2006757.17
 ly = (0.36, 0.00, -0.93) Py = 4487433.12
 lz = (0.00, 1.00, 0.00) Pz = 5376871.54

Моменты инерции: (граммов * квадратные миллиметры)
 Определяются в центре тяжести и выравниваются относительно системы координат вывода.

Lxx = 2329700.47	Lxy = 56.78	Lxz = 834760.63
Lyx = 56.78	Lyy = 5376871.54	Lyz = 31.83
Lzx = 834760.63	Lzy = 31.83	Lzz = 4164489.82

Моменты инерции: (граммов * квадратные миллиметры)
 Вычисляется с помощью системы координат вывода.

lxx = 51303726.09	lxy = 12887060.23	lxz = 12747167.40
lyx = 12887060.23	lyy = 34230858.44	lyz = 24411524.51
lzx = 12747167.40	lzy = 24411524.51	lzz = 36861819.82

Рис. 4.2.6. Маса-інерційні параметри ланки 6-4

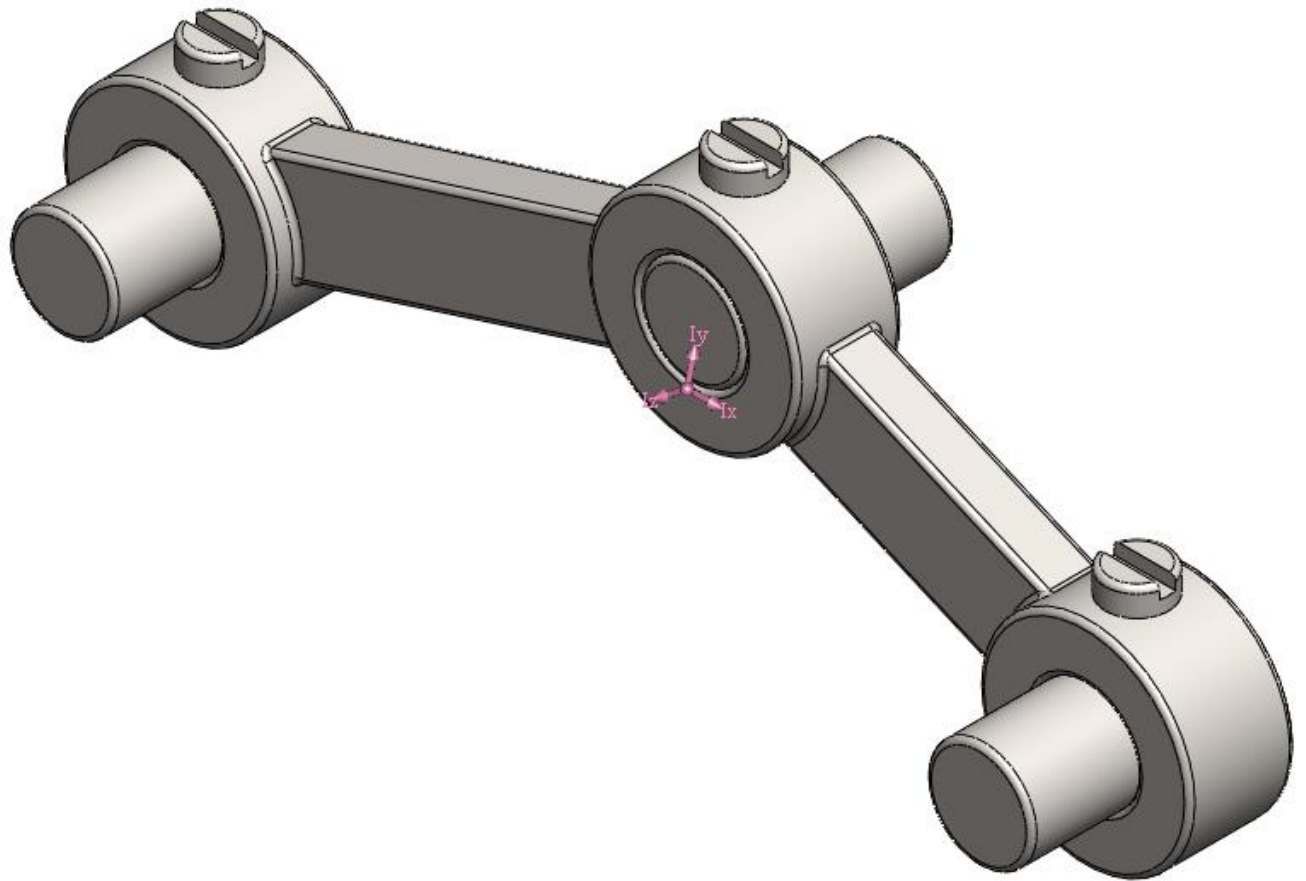


Рис. 4.2.7. Загальний вигляд ланки 3-4-5

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МДР.ОВ7.00.00.ПЗ

Аркуш

74

Массовые характеристики: Сборка4
 Конфигурация: Default
 Система координат: -- по умолчанию --

Масса = 913.18 граммов

Объем = 117073.92 кубические миллиметры

Площадь поверхности = 33452.12 квадратных миллиметры

Центр тяжести: (миллиметры)
 X = 89.83
 Y = 111.93
 Z = 158.64

Основные оси инерции и основные моменты инерции: (граммов * квадратные миллиметры)
 центр тяжести
 lx = (1.00, 0.02, 0.00) Px = 330921.25
 ly = (-0.02, 0.97, -0.24) Py = 4271651.02
 lz = (0.00, 0.24, 0.97) Pz = 4456758.87

Моменты инерции: (граммов * квадратные миллиметры)
 Определяются в центре тяжести и выравниваются относительно системы координат вывода.

Lxx = 332153.60	Lxy = 68040.29	Lxz = -15014.88
Lyx = 68040.29	Lyy = 4280816.30	Lyz = -42770.15
Lzx = -15014.88	Lzy = -42770.15	Lzz = 4446361.24

Моменты инерции: (граммов * квадратные миллиметры)
 Вычисляется с помощью системы координат вывода.

lxx = 34755871.32	lxy = 9250247.05	lxz = 12999374.05
lyx = 9250247.05	lyy = 34633363.95	lyz = 16172716.88
lzx = 12999374.05	lzy = 16172716.88	lzz = 23256627.32

Рис. 4.2.8. Маса-інерційні параметри ланки 3-4-5

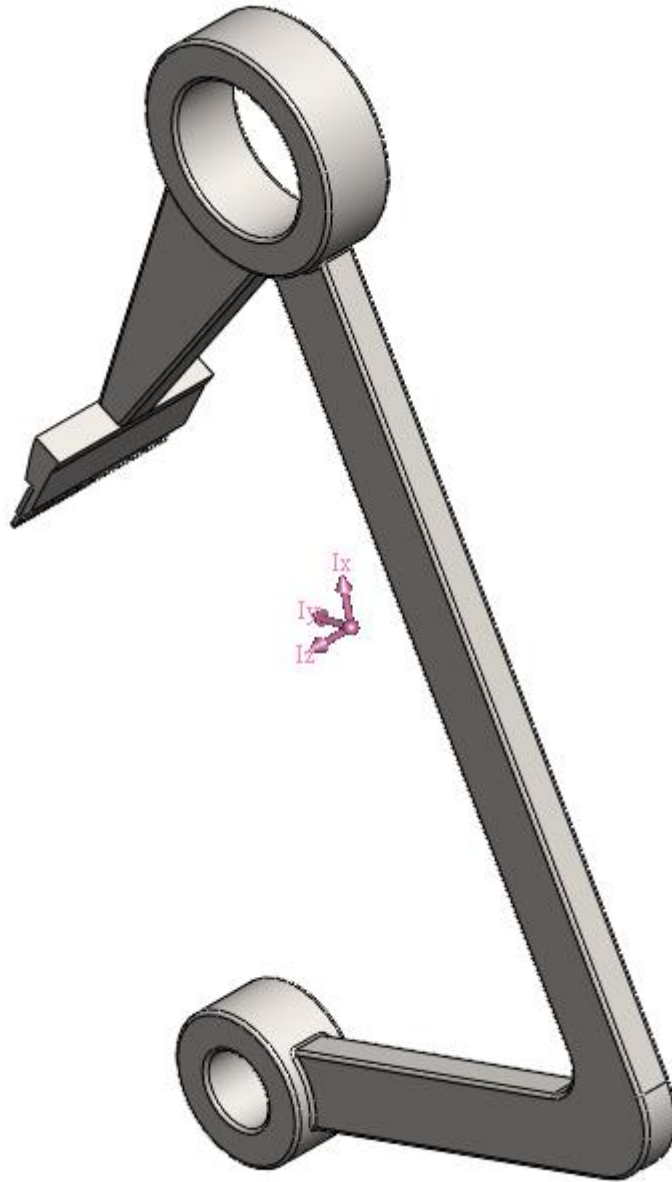


Рис. 4.2.9. Загальний вигляд ланки 5-7-8

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МДР.ОВ7.00.00.ПЗ

Аркуш

76

Массовые характеристики: Сборка5
 Конфигурация: Default
 Система координат: -- по умолчанию --

Масса = 1069.48 граммов

Объем = 137112.50 кубические миллиметры

Площадь поверхности = 42574.40 квадратных миллиметры

Центр тяжести: (миллиметры)
 X = 103.22
 Y = 170.69
 Z = 238.01

Основные оси инерции и основные моменты инерции: (граммов * квадратные миллиметры)
 центр тяжести
 lx = (-0.23, 0.97, 0.00) Px = 1909317.38
 ly = (-0.97, -0.23, 0.00) Py = 10972699.52
 lz = (0.00, 0.00, 1.00) Pz = 12826014.16

Моменты инерции: (граммов * квадратные миллиметры)
 Определяются в центре тяжести и выравниваются относительно системы координат вывода.
 Lxx = 10480119.77 Lxy = -2054702.83 Lxz = -0.60
 Lyx = -2054702.83 Lyy = 2401897.13 Lyz = 0.29
 Lzx = -0.60 Lzy = 0.29 Lzz = 12826014.16

Моменты инерции: (граммов * квадратные миллиметры)
 Вычисляется с помощью системы координат вывода.
 lxx = 102223423.02 lxy = 16787984.47 lxz = 26273232.44
 lyx = 16787984.47 lyy = 74378600.36 lyz = 43448768.38
 lzx = 26273232.44 lzy = 43448768.38 lzz = 55380754.62

Рис. 4.2.10. Маса-інерційні параметри ланки 5-7-8

Висновок. Виконано конструювання механізму вушкових голок в програмі SolidWorks. Визначені маса-інерційні параметри рухомих ланок механізму вушкових голок. Результати використані для силового аналізу механізму коливального руху вушкових голок.

					<i>МДР.ОВ7.00.00.ПЗ</i>	Аркуш
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		77

РОЗДІЛ 5. Силовий аналіз механізму коливального руху вушкових голок

Визначення сил, що діють на ланки механізмів має велике практичне значення для розрахунків на міцність, жорсткість, вібростійкість, зносостійкість, довговічність, для визначення втрат енергії на тертя, енергетичного балансу машини тощо. Завданням цього дослідження є створення математичних моделей векторів сил (реакцій) взаємодії ланок у місцях їх стикання для визначення миттєвих та граничних значень навантажень в кінематичних парах плоского шестиланкового механізму коливального руху вушкових голок основов'язальної машини, побудованого на базі механізму третього класу третього порядку; створення програмного коду на основі отриманих математичних моделей в програмі Mathcad.

Вхідні дані

Відстань від P_1 до центра мас кривошипа P_{S1} , мм	$l_{S_{1,2}} = 26,21$
Кут між векторами $P_{1,2}$ та $P_{S_{1,2}}$, градуси	$U_{S_{1,2}} = 0$
Маса кривошипа, кг	$m_{1,2} = 0,91$
Момент інерції кривошипа, кг·м ²	$J_{S_{1,2}} = 0,001189631$
Початковий кут установалення кривошипа, градуси	$\varphi_1 = 173$
Відстань від P_2 до центра мас шатуна $P_{S_{2,3}}$, мм	$l_{S_{2,3}} = 122,54$
Кут між векторами $P_{2,3}$ та $P_{S_{2,3}}$, градуси	$U_{S_{2,3}} = 0$
Маса шатуна, кг	$m_{2,3} = 0,73$
Момент інерції шатуна, кг·м ²	$J_{S_{2,3}} = 0,008434849$
Відстань від P_3 до центра мас шатуна $P_{S_{3,4,5}}$, мм	$l_{S_{3,4,5}} = 85,01$
Кут між векторами $P_{3,4}$ та $P_{S_{3,4,5}}$, градуси	$U_{S_{3,4,5}} = 15,13$
Маса шатуна, кг	$m_{3,4,5} = 0,91$
Момент інерції шатуна, кг·м ²	$J_{S_{3,4,5}} = 0,004456758$
Відстань від P_6 до центра мас коромисла $P_{S_{4,6}}$, мм	$l_{S_{4,6}} = 40,99$
Кут між векторами $P_{4,6}$ та $P_{S_{4,6}}$, градуси	$U_{S_{4,6}} = 0$
Маса шатуна, кг	$m_{4,6} = 1,64$
Момент інерції коромисла, кг·м ²	$J_{S_{4,6}} = 0,005376871$
Відстань від P_7 до центра мас коромисла $P_{S_{5,7,8}}$, мм	$l_{S_{5,7,8}} = 125,30$

Кут між векторами $P_{7,8}$ та $P_{S_{5,7,8}}$, градуси

$$U_{S_{5,7,8}} = 37,56$$

Маса коромисла, кг

$$m_{5,7,8} = 1,07$$

Момент інерції коромисла, кг·м²

$$J_{S_{5,7,8}} = 0,012826014$$

Визначення векторів-ланок та векторів-точок центрів мас ланок:

$$P_{S_{1,2}}(\varphi_1) := P_1 + \rho_Z(P_{1,2}(\varphi_1), U_{S_{1,2}}, L_{S_{1,2}})$$

$$P_{S_{2,3}}(\varphi_1) := P_2(\varphi_1) + \rho_Z(P_{2,3}(\varphi_1), U_{S_{2,3}}, L_{S_{2,3}})$$

$$P_{S_{3,4,5}}(\varphi_1) := P_3(\varphi_1) + \rho_Z(P_{3,4}(\varphi_1), U_{S_{3,4,5}}, L_{S_{3,4,5}})$$

$$P_{S_{4,6}}(\varphi_1) := P_6 + \rho_Z(P_{6,4}(\varphi_1), U_{S_{4,6}}, L_{S_{4,6}})$$

$$P_{S_{5,7,8}}(\varphi_1) := P_7 + \rho_Z(P_{7,5}(\varphi_1), U_{S_{5,7,8}}, L_{S_{5,7,8}})$$

Визначення лінійних швидкостей та прискорень центрів мас ланок:

$$V_{S_{1,2}}(\varphi_1) := r'(P_{S_{1,2}}, \varphi_1) \cdot \omega_1$$

$$V_{S_{2,3}}(\varphi_1) := r'(P_{S_{2,3}}, \varphi_1) \cdot \omega_1$$

$$V_{S_{3,4,5}}(\varphi_1) := r'(P_{S_{3,4,5}}, \varphi_1) \cdot \omega_1$$

$$V_{S_{4,6}}(\varphi_1) := r'(P_{S_{4,6}}, \varphi_1) \cdot \omega_1$$

$$V_{S_{5,7,8}}(\varphi_1) := r'(P_{S_{5,7,8}}, \varphi_1) \cdot \omega_1$$

Визначення лінійних прискорень центрів мас ланок:

$$A_{S_{1,2}}(\varphi_1) := r''(P_{S_{1,2}}, \varphi_1) \cdot \omega_1^2 + r'(P_{S_{1,2}}, \varphi_1) \cdot \varepsilon_1$$

$$A_{S_{2,3}}(\varphi_1) := r''(P_{S_{2,3}}, \varphi_1) \cdot \omega_1^2 + r'(P_{S_{2,3}}, \varphi_1) \cdot \varepsilon_1$$

$$A_{S_{3,4,5}}(\varphi_1) := r''(P_{S_{3,4,5}}, \varphi_1) \cdot \omega_1^2 + r'(P_{S_{3,4,5}}, \varphi_1) \cdot \varepsilon_1$$

$$A_{S_{4,6}}(\varphi_1) := r''(P_{S_{4,6}}, \varphi_1) \cdot \omega_1^2 + r'(P_{S_{4,6}}, \varphi_1) \cdot \varepsilon_1$$

$$A_{S_{5,7,8}}(\varphi_1) := r''(P_{S_{5,7,8}}, \varphi_1) \cdot \omega_1^2 + r'(P_{S_{5,7,8}}, \varphi_1) \cdot \varepsilon_1$$

Визначення сил тяжіння, що діють на ланки:

$$G_{1,2} := -e_Y \cdot m_{1,2} \cdot g$$

$$G_{2,3} := -e_Y \cdot m_{2,3} \cdot g$$

$$G_{3,4,5} := -e_Y \cdot m_{3,4,5} \cdot g$$

$$G_{4,6} := -e_Y \cdot m_{4,6} \cdot g$$

$$G_{5,7,8} := -e_Y \cdot m_{5,7,8} \cdot g$$

					МДР.ОБ7.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

Визначення сил інерції та моментів від сил інерції ланок:

$$F_{i_{S_{1,2}}}(\varphi_1) := -m_{1,2} \cdot A_{S_{1,2}}(\varphi_1)$$

$$F_{i_{S_{2,3}}}(\varphi_1) := -m_{2,3} \cdot A_{S_{2,3}}(\varphi_1)$$

$$F_{i_{S_{3,4,5}}}(\varphi_1) := -m_{3,4,5} \cdot A_{S_{3,4,5}}(\varphi_1)$$

$$F_{i_{S_{4,6}}}(\varphi_1) := -m_{4,6} \cdot A_{S_{4,6}}(\varphi_1)$$

$$F_{i_{S_{5,7,8}}}(\varphi_1) := -m_{5,7,8} \cdot A_{S_{5,7,8}}(\varphi_1)$$

Визначення моментів від сил інерції ланок:

$$M_{i_{S_{1,2}}}(\varphi_1) := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$M_{i_{S_{2,3}}}(\varphi_1) := -\varepsilon_{2,3} \cdot J_{S_{2,3}}(\varphi_1)$$

$$M_{i_{S_{3,4,5}}}(\varphi_1) := -\varepsilon_{3,4,5} \cdot J_{S_{3,4,5}}(\varphi_1)$$

$$M_{i_{S_{4,6}}}(\varphi_1) := -\varepsilon_{4,6} \cdot J_{S_{4,6}}(\varphi_1)$$

$$M_{i_{S_{5,7,8}}}(\varphi_1) := -\varepsilon_{5,7,8} \cdot J_{S_{5,7,8}}(\varphi_1)$$

Визначення тангенціальних реакцій в точці 2, точці 6 та точці 7:

$$R_{\tau 2}(\varphi_1) := R_{\tau} \left[P_3(\varphi_1), P_2(\varphi_1), \begin{pmatrix} P_{S_{2,3}}(\varphi_1) \\ P_{S_{2,3}}(\varphi_1) \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} G_{2,3} \\ F_{i_{S_{2,3}}}(\varphi_1) \end{pmatrix}, M_{i_{2,3}}(\varphi_1) \right]$$

$$R_{\tau 6}(\varphi_1) := R_{\tau} \left[P_4(\varphi_1), P_6, \begin{pmatrix} P_{S_{4,6}}(\varphi_1) \\ P_{S_{4,6}}(\varphi_1) \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} G_{4,6} \\ F_{i_{S_{4,6}}}(\varphi_1) \end{pmatrix}, M_{i_{4,6}}(\varphi_1) \right]$$

$$R_{\tau 7}(\varphi_1) := R_{\tau} \left[P_5(\varphi_1), P_7, \begin{pmatrix} P_{S_{5,7,8}}(\varphi_1) \\ P_{S_{5,7,8}}(\varphi_1) \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} G_{5,7,8} \\ F_{i_{S_{5,7,8}}}(\varphi_1) \end{pmatrix}, M_{i_{5,7,8}}(\varphi_1) \right]$$

Визначення особливої точки (миттєвого центру обертання базисної ланки):

$$SP_1(\varphi_1) := SP(P_6, P_4(\varphi_1), P_7, P_5(\varphi_1))$$

Визначення сумарного моменту від сил інерції ланок:

$$M_{i\Sigma}(\varphi_1) := M_{i_{2,3}}(\varphi_1) + M_{i_{3,4,5}}(\varphi_1) + M_{i_{4,6}}(\varphi_1) + M_{i_{5,7,8}}(\varphi_1)$$

$$P_G(\varphi_1) := \begin{pmatrix} P_{S_{2,3}}(\varphi_1) \\ P_{S_{3,4,5}}(\varphi_1) \\ P_{S_{4,6}}(\varphi_1) \\ P_{S_{5,7,8}}(\varphi_1) \\ P_{S_{2,3}}(\varphi_1) \\ P_{S_{3,4,5}}(\varphi_1) \\ P_{S_{4,6}}(\varphi_1) \\ P_{S_{5,7,8}}(\varphi_1) \\ P_2(\varphi_1) \\ P_6 \\ P_7 \end{pmatrix}; \quad P_F(\varphi_1) := \begin{pmatrix} G_{2,3} \\ G_{3,4,5} \\ G_{4,6} \\ G_{5,7,8} \\ F_{i_{S_{2,3}}}(\varphi_1) \\ F_{i_{S_{3,4,5}}}(\varphi_1) \\ F_{i_{S_{4,6}}}(\varphi_1) \\ F_{i_{S_{5,7,8}}}(\varphi_1) \\ R_{\tau 2}(\varphi_1) \\ R_{\tau 6}(\varphi_1) \\ R_{\tau 7}(\varphi_1) \end{pmatrix}$$

Визначення нормальної реакції в точці 2:

$$R_{n2}(\varphi_1) := R_{SPn}(SP_1(\varphi_1), P_3(\varphi_1), P_2(\varphi_1), P_G(\varphi_1), P_F(\varphi_1), M_{i\Sigma}(\varphi_1))$$

Визначення результуючої реакції в точці 2:

$$R_2(\varphi_1) := R_{\tau 2}(\varphi_1) + R_{n2}(\varphi_1)$$

Визначення нормальних реакцій в точці 6 і точці 7:

$$R_{rez}(\varphi_1)$$

$$:= - \left(R_2(\varphi_1) + R_{\tau 6}(\varphi_1) + R_{\tau 7}(\varphi_1) + G_{2,3} + G_{3,4,5} + G_{4,6} + G_{5,7,8} + F_{i_{S_{2,3}}}(\varphi_1) \right. \\ \left. + F_{i_{S_{3,4,5}}}(\varphi_1) + F_{i_{S_{4,6}}}(\varphi_1) + F_{i_{S_{5,7,8}}}(\varphi_1) \right)$$

$$R_{n6}(\varphi_1) := R_n(SP_1(\varphi_1), P_6, P_7, R_{rez}(\varphi_1), P_6) \cdot \frac{H}{M}$$

$$R_{n7}(\varphi_1) := R_n(SP_1(\varphi_1), P_6, P_7, R_{rez}(\varphi_1), P_7) \cdot \frac{H}{M}$$

Визначення результуючих реакцій в точці 6 та точці 7:

$$R_6(\varphi_1) := R_{\tau 6}(\varphi_1) + R_{n6}(\varphi_1)$$

$$R_7(\varphi_1) := R_{\tau 7}(\varphi_1) + R_{n7}(\varphi_1)$$

Визначення реакції в кінематичній парі 3:

$$R_3(\varphi_1) := - \left(R_2(\varphi_1) + G_{2,3} + F_{i_{S_{2,3}}}(\varphi_1) \right)$$

Визначення реакції в кінематичній парі 4:

$$R_4(\varphi_1) := - \left(R_6(\varphi_1) + G_{4,6} + F_{i_{S_{4,6}}}(\varphi_1) \right)$$

Визначення реакції в кінематичній парі 5:

$$R_5(\varphi_1) := - \left(R_7(\varphi_1) + G_{5,7,8} + F_{i_{S_{5,7,8}}}(\varphi_1) \right)$$

Перевірка:

$$|-R_3(\varphi_0) - R_4(\varphi_0) - R_5(\varphi_0) + G_{3_4_5} + F_{i_{S_3_4_5}}(\varphi_0)| = 0N$$

$$-R_3(\varphi_0) - R_4(\varphi_0) - R_5(\varphi_0) + G_{3_4_5} + F_{i_{S_3_4_5}}(\varphi_0) = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} N$$

Визначення сумарних сил:

$$F_{\Sigma}(\varphi_1) := R_{\tau} \left[P_1, P_2(\varphi_1), \begin{pmatrix} P_{S_{1_2}}(\varphi_1) \\ P_{S_{1_2}}(\varphi_1) \\ P_2(\varphi_1) \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} G_{1_2} \\ F_{i_{S_{1_2}}}(\varphi_1) \\ -R_{\tau 2}(\varphi_1) \end{pmatrix}, M_{i_{1_2}} \right]$$

$$F_{\Sigma}(\varphi_0) = \begin{pmatrix} -14.213 \\ -115.757 \\ 0 \end{pmatrix} N \quad |F_{\Sigma}(\varphi_0)| = 116.626N$$

$$R'_1(\varphi_1) := -(F_{\Sigma}(\varphi_1))$$

$$R_1(\varphi_1) := -(G_{1_2} + F_{i_{S_{1_2}}}(\varphi_1) - R_{\tau 2}(\varphi_1))$$

$$R_1(\varphi_0) = \begin{pmatrix} 111.097 \\ -128.848 \\ 0 \end{pmatrix} N \quad R'_1(\varphi_0) = \begin{pmatrix} 14.213 \\ 115.757 \\ 0 \end{pmatrix} N$$

Визначення приведенного моменту:

$$M_{\Sigma}(\varphi_1) := P_{S_{1_2}}(\varphi_1) \times G_{1_2} + P_{S_{1_2}}(\varphi_1) \times F_{i_{S_{1_2}}}(\varphi_1) - P_2(\varphi_1) \times R_{\tau 2}(\varphi_1)$$

$$M_{\Sigma}(\varphi_0)_Z = -5.831N \cdot m$$

$$\frac{M_{\Sigma}(\varphi_0)_Z}{L_{1-2}} = -116.626N$$

$$\varphi_M := \varphi_0, \varphi_0 + -10^\circ \dots \varphi_{max1}$$

$$M_{\Sigma_{max}}(\varphi_1) := |M_{\Sigma}(\varphi_1)_Z|$$

$$\varphi_{1M\Sigma} := -155^\circ$$

$$\varphi_{\Sigma 1_{max}} := \text{Maximize}(M_{\Sigma_{max}}, \varphi_{1M\Sigma})$$

$$\varphi_{\Sigma 1_{max}} = -157.16^\circ$$

$$M_{\Sigma_{max}}(\varphi_{\Sigma 1_{max}}) = 6.34N \cdot m$$

$$M_{\Sigma}(\varphi_{\Sigma 1_{max}})_Z = -6.34N \cdot m$$

Визначення максимальних значень реакцій у кінематичних парах:

$$R_{1max}(\varphi_1) := |R_1(\varphi_1)| \quad \varphi_{1R2} := -270^\circ$$

$$R_{2max}(\varphi_1) := |R_2(\varphi_1)| \quad \varphi_{1R3} := -120^\circ$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

$$R_{3max}(\varphi_1) := |R_3(\varphi_1)| \quad \varphi_{1R4} := -120^\circ$$

$$R_{4max}(\varphi_1) := |R_4(\varphi_1)| \quad \varphi_{1R1} := -120^\circ$$

$$R_{5max}(\varphi_1) := |R_5(\varphi_1)| \quad \varphi_{1R5} := -120^\circ$$

$$R_{6max}(\varphi_1) := |R_6(\varphi_1)| \quad \varphi_{1R6} := -120^\circ$$

$$R_{7max}(\varphi_1) := |R_7(\varphi_1)| \quad \varphi_{1R7} := -120^\circ$$

$$\varphi_{1R1max} := \text{Maximize}(R_{1max}, \varphi_{1R1})$$

$$\varphi_{1R2max} := \text{Maximize}(R_{2max}, \varphi_{1R2})$$

$$\varphi_{1R3max} := \text{Maximize}(R_{3max}, \varphi_{1R3})$$

$$\varphi_{1R4max} := \text{Maximize}(R_{4max}, \varphi_{1R4})$$

$$\varphi_{1R5max} := \text{Maximize}(R_{5max}, \varphi_{1R5})$$

$$\varphi_{1R6max} := \text{Maximize}(R_{6max}, \varphi_{1R6})$$

$$\varphi_{1R7max} := \text{Maximize}(R_{7max}, \varphi_{1R7})$$

де *Maximize* – функція в для визначення екстремуму функції;

R_{nmax} – модуль вектору реакції в n -й кінематичній парі;

φ_{1Rn} – аргумент функції *Maximize*, який визначає початкове значення кута кривошипа 1, в околиці якого здійснюється пошук R_{nmax} .

Максимальні значення реакцій в кінематичних парах

$$R_{1max}(\varphi_{1R1max}) = 232.74 \cdot H$$

$$R_{2max}(\varphi_{1R2max}) = 1039.52 \cdot H$$

$$R_{3max}(\varphi_{1R3max}) = 647.28 \cdot H$$

$$R_{4max}(\varphi_{1R4max}) = 299.37 \cdot H$$

$$R_{5max}(\varphi_{1R5max}) = 161.28 \cdot H$$

$$R_{6max}(\varphi_{1R6max}) = 286.49 \cdot H$$

$$R_{7max}(\varphi_{1R7max}) = 146.43 \cdot H$$

Для конструювання кінематичних пар необхідно визначити мінімально допустимі діаметри цапф рухомих з'єднань ланок механізму.

$$\sigma := 200 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

де σ – допустиме напруження на згин.

Приймаємо довжини цапф для кінематичних пар:

$$l_2 := 10 \text{ мм}$$

					МДР.ОБ7.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

Визначаємо мінімально допустимі діаметри цапф кінематичних пар за умови міцності на згин:

$$d_{1min} := \sqrt[3]{\frac{32 \cdot R_{1max}(\varphi_{1R1max}) \cdot l_2}{\pi \cdot \sigma}} \quad d_{1min} = 4.91 \text{ мм}$$

$$d_{2min} := \sqrt[3]{\frac{32 \cdot R_{2max}(\varphi_{1R2max}) \cdot l_2}{\pi \cdot \sigma}} \quad d_{2min} = 8.09 \text{ мм}$$

$$d_{3min} := \sqrt[3]{\frac{32 \cdot R_{3max}(\varphi_{1R3max}) \cdot l_2}{\pi \cdot \sigma}} \quad d_{3min} = 6.91 \text{ мм}$$

$$d_{4min} := \sqrt[3]{\frac{32 \cdot R_{4max}(\varphi_{1R4max}) \cdot l_2}{\pi \cdot \sigma}} \quad d_{4min} = 5.34 \text{ мм}$$

$$d_{5min} := \sqrt[3]{\frac{32 \cdot R_{5max}(\varphi_{1R5max}) \cdot l_2}{\pi \cdot \sigma}} \quad d_{5min} = 4.35 \text{ мм}$$

$$d_{6min} := \sqrt[3]{\frac{32 \cdot R_{6max}(\varphi_{1R6max}) \cdot l_2}{\pi \cdot \sigma}} \quad d_{6min} = 5.26 \text{ мм}$$

$$d_{7min} := \sqrt[3]{\frac{32 \cdot R_{7max}(\varphi_{1R7max}) \cdot l_2}{\pi \cdot \sigma}} \quad d_{7min} = 4.21 \text{ мм}$$

Результати силового розрахунку

Кут кривошипа	Функції положень центрів мас ланок, мм									
	P _{S2} X	P _{S2} Y	P _{S3} X	P _{S3} Y	P _{S4} X	P _{S4} Y	P _{S5} X	P _{S5} Y	P _{S8} X	P _{S8} Y
0	9.93	-1.22	3.6	57.5	102.13	232.91	148.45	214.29	24.89	452.73
-30	7.99	-6.02	14.25	80.5	110.76	247.03	150.92	247.41	26.05	452.43
-60	3.91	-9.21	33.12	98.02	121.67	261.74	154.48	253.56	28.54	451.86
-90	-1.22	-9.93	55.01	105.15	131.3	282.73	157.91	258.02	31.33	451.31
-120	-6.02	-7.99	73.7	99.72	135.1	276.66	159.32	259.58	32.54	451.1
-150	-9.21	-3.91	83.97	83.07	130.92	272.33	157.77	257.75	32.21	451.33
-180	-9.93	1.22	83.32	59.79	121.15	261.1	154.31	253.29	28.4	451.89
-210	-7.99	6.02	72.29	36.46	110.42	246.52	150.82	247.19	25.99	452.45
-240	-3.91	9.21	52.95	19.49	102.06	232.78	148.43	241.23	24.89	452.73
-270	1.22	9.93	32.98	13.21	97.18	223.19	147.24	236.96	24.76	452.76
-300	6.02	7.99	14.7	18.98	95.6	219.71	146.91	235.38	24.85	452.74
-330	9.21	3.91	3.88	35.11	97.14	223.11	147.23	236.92	24.76	452.76
-360	9.93	-1.22	3.6	57.5	102.13	232.91	148.45	241.29	24.89	452.73

Кут кривошипа	Функції швидкостей центрів мас ланок, м/сек									
	V _{S2} X	V _{S2} Y	V _{S3} X	V _{S3} Y	V _{S4} X	V _{S4} Y	V _{S5} X	V _{S5} Y	V _{S8} X	V _{S8} Y
0	-0.12	-0.94	0.97	4.28	1.24	2.25	0.33	0.99	0.09	-0.02
-30	-0.57	-0.75	2.79	3.83	1.84	2.73	0.56	1.16	0.34	-0.08
-60	-0.87	-0.37	3.86	2.34	1.99	2.44	0.68	1	0.53	-0.11
-90	-0.94	0.12	3.84	0.17	1.33	1.42	0.49	0.57	0.42	-0.07
-120	-0.75	0.57	2.73	-2.09	-0.04	-0.04	-0.01	-0.02	-0.01	0
-150	-0.37	0.87	0.89	-3.78	-1.39	-1.48	-0.51	-0.59	-0.43	0.08
-180	0.12	0.94	-1.11	-4.41	-1.98	-2.45	-0.68	-1.01	-0.52	0.11
-210	0.57	0.75	-2.77	-3.8	-1.79	-2.67	-0.55	-1.14	-0.32	0.08
-240	0.87	0.37	-3.7	-2.18	-1.2	-2.18	-0.31	-0.96	-0.09	0.02
-270	0.94	-0.12	-3.7	-0.04	-0.57	-1.22	-0.13	-0.55	0.02	-0
-300	0.75	-0.57	-2.75	2.06	-0.01	-0.01	-0	-0.01	0	-0
-330	0.37	-0.87	-1.06	3.63	0.57	1.23	0.13	-0.55	-0.02	0
-360	-0.12	-0.94	0.97	4.28	1.24	2.25	0.33	0.99	0.09	-0.02

Кут кривошипа	Функції прискорень центрів мас ланок, м/сек ²									
	A _{S2X}	A _{S2Y}	A _{S3X}	A _{S3Y}	A _{S4X}	A _{S4Y}	A _{S5X}	A _{S5Y}	A _{S8X}	A _{S8Y}
0	-88.45	10.86	363.85	20.59	122.57	144.89	42.51	58.49	34.89	-9.06
-30	-71.17	53.63	274.48	-180.82	81.33	21.54	38.52	1.42	47.23	-10.2
-60	-34.82	82.03	101.06	-345.44	-38.5	-123.79	-2.25	-56.73	12.78	0.83
-90	10.86	88.45	-106.76	-418.7	-195.78	-235.76	-67.84	-96.17	-54.01	11.88
-120	53.63	71.17	-281.64	-373.49	-274.61	-275.94	-103.15	-109.6	-89.22	14.67
-150	82.03	34.82	-363.82	-221.05	-187.37	-230.6	-64.23	-94.31	-50.41	11.47
-180	88.45	-10.86	-344	-1.46	-26.78	-110.23	1.87	-51.3	16.29	-0.06
-210	71.17	-53.63	-242.26	212.83	83.69	29.65	38.59	5.2	46.2	-10.11
-240	34.82	-82.03	-86.98	356.3	116.69	138.76	40.39	56.1	32.95	-8.56
-270	-10.86	-88.45	88.51	399.45	107.13	202.07	27.19	89.53	5.62	-1.48
-300	-53.63	-71.17	247.36	343.74	99.56	226.73	20.11	103.11	-7.83	2.06
-330	-82.03	-34.82	350.18	208.06	112.07	212.56	28.3	94.25	5.5	-1.45
-360	-88.45	10.86	363.85	20.59	122.57	144.89	42.51	58.49	34.89	-9.06

Кут кривошипа	Результуючі реакції в кінематичних парах, Н						
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇
0	170.13	564.07	291.97	58.14	67.56	38.73	84.2
-30	220.93	294.35	102.74	143.16	74.37	153.37	84.19
-60	212.23	400.74	191.79	132.01	17.35	137.8	39.64
-90	128.99	833.21	500.14	109.62	95.45	79.9	88.27
-120	20.9	1039.51	647.28	289.35	161.26	275.68	146.43
-150	142.67	811.12	483.64	214.55	94.86	200.27	82.37
-180	220.34	368.58	158.79	35.23	22.64	32.79	45.11
-210	227.77	310.9	115	126.52	73.41	135.83	83.96
-240	180.22	550.47	274.35	90.64	56.27	84.68	70.27
-270	101.93	710.77	366.54	86.82	35.9	58.08	64.46
-300	17.84	778.11	410.38	156.56	51.34	140.22	81.96
-330	87.63	736.08	391.27	130.36	55.89	110.6	84.66
-360	170.13	564.08	291.97	58.14	67.57	38.73	84.21

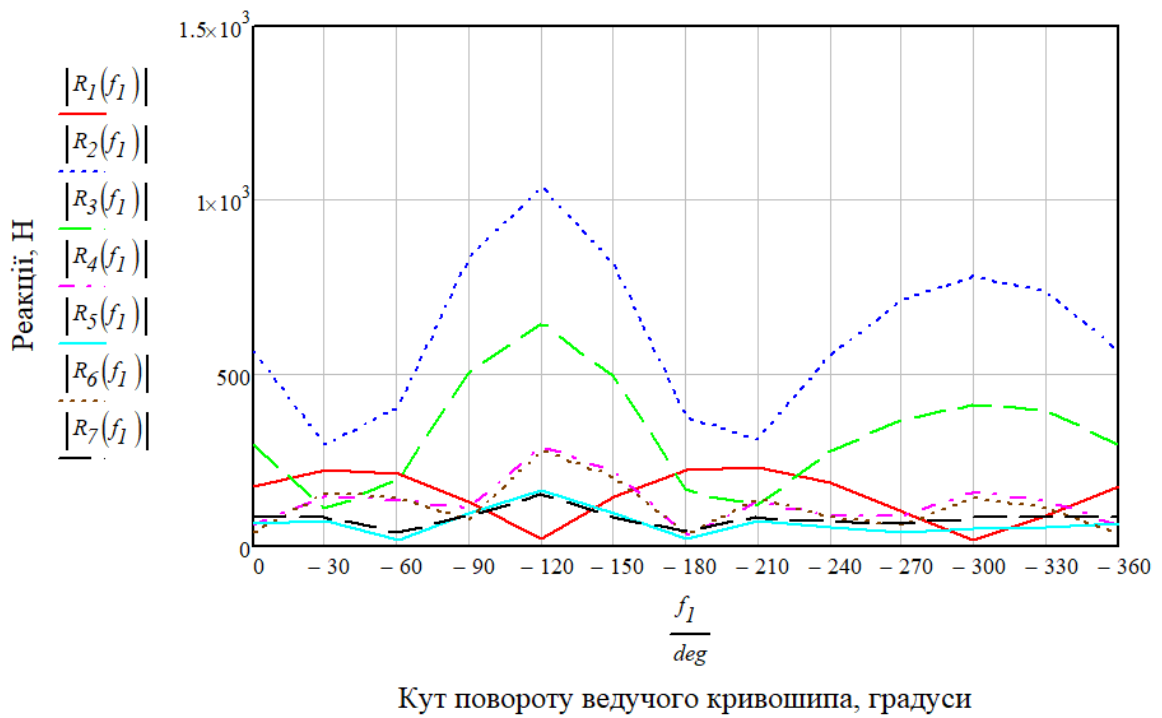


Рис. 5.1. Результуючі реакції в кінематичних парах

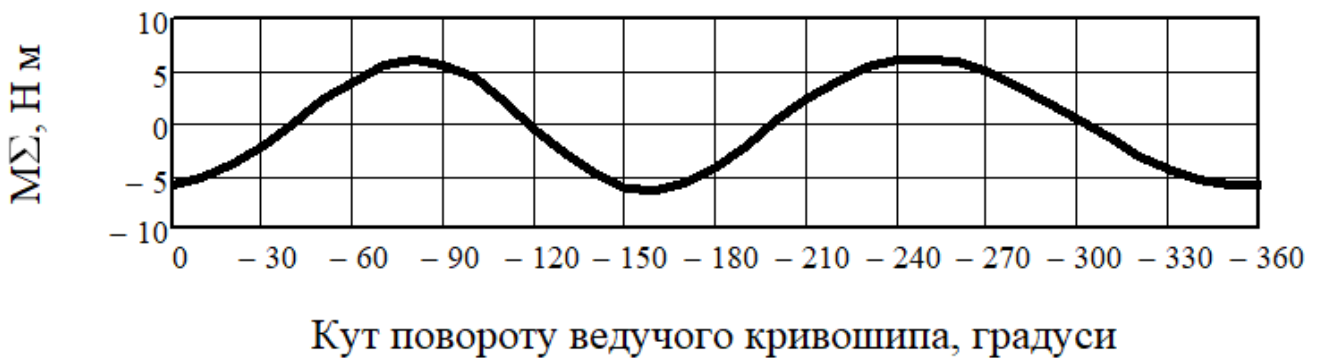


Рис. 5.2. Приведений момент

Висновок. Використовуючи результати розрахунків кінематичного аналізу та конструювання механізму у SolidWorks було визначено максимальні значення реакцій в кінематичних парах, а також мінімально можливі діаметри цапф у кінематичних парах за умовою міцності на згин.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ВИСНОВКИ

Розділ 1

Визначено призначення та технічна характеристика основов'язальної машини ОВ-7, досліджено будову та циклограму робочих органів основов'язальної машини ОВ-7.

Розділ 2

Виконано кінематичний аналіз механізму вушкових голок базової конструкції, в результаті чого були отримані значення функцій положень, функцій лінійних швидкостей та лінійних прискорень точок механізму, і функцій кутових швидкостей та кутових прискорень ланок механізму. Отримано діаграму переміщень робочої точки вушкової голки.

Розділ 3

Здійснено метричний синтез нового механізму коливання вушкових голок методом Монте-Карло із застосуванням програми Mathcad, у результаті чого були отримані геометричні параметри ланок механізму та координати опорних стояків. Виконано кінематичний аналіз механізму вушкових голок нової конструкції, в результаті чого були отримані значення функцій положень, функцій лінійних швидкостей та лінійних прискорень точок механізму, і функцій кутових швидкостей та кутових прискорень ланок механізму.

Розділ 4

Виконано конструювання механізму вушкових голок в програмі SolidWorks. Визначені маса-інерційні параметри рухомих ланок механізму вушкових голок. Результати використані для силового аналізу механізму коливального руху вушкових голок.

Розділ 5

Використовуючи результати розрахунків кінематичного аналізу та конструювання механізму у SolidWorks було визначено максимальні значення реакцій в кінематичних парах, а також мінімально можливі діаметри цапф у кінематичних парах за умовою міцності на згин.

					МДР.ОВ7.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

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. 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.
3. 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.
4. Дворжак В. М. Візуалізація схемотехнічного моделювання механізмів технологічних машин [Електронний ресурс] / В. М. Дворжак, Д. Л. Литвяк, І. С. Мелащенко, В. В. Мочоник // Технології та дизайн. – 2018. – № 4 (29). – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2018_4_9
5. Дворжак В. М. Комп'ютерне моделювання механізмів основов'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.
6. Дворжак В. М. Комп'ютерний аналіз кінематичних схем багатоланкових важільних механізмів основов'язальних машин [електронний ресурс] / В. М. 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
7. 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.
8. Дворжак В. М. Силовий аналіз механізму коливального руху вушкових голок основов'язальної машини / В. М. Дворжак // Вісник Київського національного

					МДР.ОВ7.00.00.ПЗ	Аркуш
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		89

- університету технологій та дизайну. Технічні науки. – 2019. – № 3 (134). – С. 26-35.
9. 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.nbu.gov.ua/e-journals/td/2012_4/index.html. (9 сторінок)
 10. 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.nbu.gov.ua/e-journals/td/2013_2/index.html. (7 сторінок)
 11. 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.
 12. Кіницький Я. Т. Теорія механізмів і машин : Підручник. – К. : Наукова думка, 2002. – 660 с. ISBN 966-00-0740-X.
 13. 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.
 14. Котов А. В. Математическое моделирование [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://www.androsv.na.by/matm.html>. Загол. з титул. екрану.
 15. Левитский Н. И. Теория механизмов и машин / Н. И. Левитский – М. : Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1979. – 576 с.
 16. 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 доступу до журн.: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/td/2012_2/index.html (9 сторінок).

					МДР.ОБ7.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		90

17. Макаров Е. Г. MathCAD: Учебный курс. / Е. Г. Макаров – СПб. : Питер, 2009. – 384 с. – ISBN 978-5-388-00201-3.
18. 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>.
19. Неймак В. С., Параска Г. Б., Дворжак В. М. Оцінка можливостей дослідження механізмів приводу основов'язальних машин за допомогою програми інженерного аналізу Cosmosmotion // Вісник Хмельницького національного університету. Т. 2 «Технічні науки». – 2006. – № 2. – С. 36-38.
20. 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.
21. Орловський Б. В. Правила виконання кінематичних схем. Позначення умовні графічні в схемах. Елементи кінематики / Б. В. Орловський, В. А. Пищиков, Н. С. Абрінова. – К. : КНУТД, 2007. – 32 с. – (Стандарт кафедри машин легкої промисловості Київського національного університету технологій та дизайну).
22. Орловський Б. В. Схемотехнічне моделювання 3D-механізму вушкових голок міні-основов'язальної машини / Б. В. Орловський, В. М. Дворжак // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2012. – № 3. – С. 86-93.
23. Орловський Б. В. Схемотехнічне моделювання механізмів основов'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.
24. Орловський Б. В., Дворжак В. М. Визначення реакцій в кінематичних парах механізмів основов'язальних машин методом векторного перетворення координат // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2009. – № 3. – С. 34-44.

					МДР.ОВ7.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		91

25. Орловський Б. В., Дворжак В. М. Кінематичне дослідження багатоланкових шарнірно-важільних механізмів основов'язальних машин аналітичним методом // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Т. 1. – 2008. – № 4.– С. 34-39.
26. Орловський Б. В., Дворжак В. М. Кінематичний аналіз восьмиланкового механізму прокачки вушкових голок основов'язальної машини // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2007. – № 1. – С. 17-25.
27. Орловський Б. В., Дворжак В. М. Особливості метричного синтезу механізму вушкових голок з пружними ланками основов'язальних машин // Вісник Технологічного університету Поділля. Ч. 1, Т. 2 «Технічні науки». Спецвипуск. – 2003. – № 6. – С. 143-149.
28. Орловський Б. В., Дворжак В. М. Розрахунок на точність типового восьмиланкового механізму прокачки вушкових голок основов'язальної машини // Проблеми легкой и текстильной промышленности Украины. – 2006. – № 2. – С. 70-72.
29. Орловський Б. В., Дворжак В. М. Схемотехнічне моделювання кінематичних схем механізмів з двома ступенями вільності основов'язальних машин // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2010. – № 1. – С. 33-42.
30. Орловський Б. В., Дворжак В. М., Абрінова Н. С. Залежність якості проектування основов'язальних і швейних машин від вибору метода синтезу багатоланкових важільних механізмів // Вісник Технологічного університету Поділля. Ч. 1 «Технічні науки». – 2003. – № 1. – С. 164-169.
31. 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.

					МДР.ОВ7.00.00.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		92

32. 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.

					<i>МДР.ОВ7.00.00.ПЗ</i>	Аркуш
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		93