

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ
КАФЕДРА КОНСТРУЮВАННЯ ВЕРСТАТІВ ТА МАШИН

«На правах рукопису»
УДК _____

До захисту допущено
Завідувач кафедри

_____ В.Б.Струтинський
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ _____ ” _____ 2018 р.

Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра
зі спеціальності 133 Галузеве машинобудування

на тему Розробка багатокоординатного верстата з паралельними кінематичними зв'язками

Виконав (-ла): студент (-ка) _____ ІІ курсу, групи МВ – 71мп

Алексеичук Дмитро Андрійович

(прізвище ім'я по батькові)

(підпис)

Науковий керівник

Доц. каф. КВ та М, к.т.н., доц.

Кравець О.М.

(посада, науковий ступінь та члене звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Консультант з розділу

(посада, науковий ступінь та члене звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент:

Доц. каф. ТМ, к.т.н., доц. С.В.Лапковський

(посада, наукова ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ - 2018

Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського”
Механіко-машинобудівний інститут
Кафедра конструювання верстатів та машин

Рівень вищої освіти другий (магістерський) за освітньо-науковою програмою

СПЕЦІАЛЬНІСТЬ 133 ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

СПЕЦІАЛІЗАЦІЯ «МЕТАЛОРИЗАЛЬНІ ВЕРСТАТИ ТА СИСТЕМИ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ В.Б.Струтинський
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ _____ ” _____ 2018 р.

З А В Д А Н Н Я

НА МАГІСТЕРСЬКУ ДИСЕРТАЦІЮ СТУДЕНТУ

Алексейчуку Дмитру Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Розробка багатокоординатного верстата з паралельними кінематичними зв'язками

науковий керівник дисертації доц. каф. КВ та М, к.т.н., доц. Кравець О.М.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від “15” березня 2018 року № 934-с

2. Термін подання студентом дисертації “15” грудня 2018 року

3. Об'єкт дослідження багатокоординатний верстат з паралельними кінематичними зв'язками _____

4. Предмет дослідження компонування багатокоординатного верстату з паралельними кінематичними зв'язками _____

5. Перелік завдань, які потрібно розробити Формулювання обмежень задачі оптимізації для вибору конструктивних параметрів вузлів верстата з точки зору оптимізації розмірів зони обробки та розподілу навантажень приводів верстата та вибору двигунів приводів. Створити методику та алгоритм

визначення раціональних конструктивних параметрів верстата з паралельними кінематичними зв'язками та розробити розрахункову процедуру в пакеті MatCAD для реалізації алгоритму.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу

Розробити конструкцію 5-ти координатного верстата з паралельними кінематичними зв'язками та створити 3D модель в пакеті Inventor.

7. Орієнтовний перелік публікацій Дві тези доповідей на студентській науково-практичній конференції «Інновації молоді – машинобудуванню».

9. Дата видачі завдання **“15” грудня 2017 року**

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Патентно інформаційний пошук.	01.2018	
2	Розробка цільової функції для оптимізації основних конструктивних параметрів верстата та його вузлів.	02.2018	
3	Формулювання обмежень задачі оптимізації для вибору конструктивних параметрів вузлів верстата з точки зору оптимізації розмірів зони обробки та розподілу навантажень приводів верстата та вибору двигунів приводів.	04.2018	
4	Створення методики та алгоритму визначення раціональних конструктивних параметрів верстата з паралельними кінематичними зв'язками та розроблена розрахункова процедура в пакеті MatCAD для реалізації алгоритму;	06.2018	
5	Проведення машинного експерименту за допомогою розрахункової процедури визначення раціональних конструктивних параметрів верстата з паралельними кінематичними	09.2018	
6	Створення 3D моделі в пакеті Inventor	10.2018	
7	Оформлення робочих креслень	11.2018	
8	Оформлення пояснювальної записки	12.2018	

Студент _____

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Науковий керівник дисертації _____

Анотація :

Об'єм графічної частини 10 аркушіф формату А1, пояснювальна записка 93 ст.

Тема магістерської дисертації «Розробка багатокординатного верстата з паралельними кінематичними зв'язками»

Робота виконувалась в рамках наукової роботи за власною ініціативою затвердженою на кафедрі та зареєстрованою в УкрНТІ (№ 0115U004667).

Розроблена цільова функція для оптимізації основних конструктивних параметрів верстата та його вузлів;

Формулювання обмежень задачі оптимізації для вибору конструктивних параметрів вузлів верстата з точки зору оптимізації розмірів зони обробки та розподілу навантажень приводів верстата та вибору двигунів приводів. Розроблена конструкція 5-ти координатного верстата з паралельними кінематичними зв'язками. Створена методика та алгоритм визначення раціональних конструктивних параметрів верстата з паралельними кінематичними зв'язками та розроблена розрахункова процедура в пакеті MatCAD для реалізації алгоритму. Отримані значення конструктивних параметрів використані при створенні 3D моделі в пакеті Inventor.

Результати розробки доповідались та були опубліковані в тезах Всеукраїнської науково-технічної конференція молодих вчених та студентів «Інновації молоді - машинобудуванню» Секція "Машинобудування".

Ключові слова:

Багатокординатний металорізальний верстат, паралельні кінематичні зв'язки, оптимізація конструктивних параметрів

Анотация:

Объем графической части 10 листов формата А1, пояснительная записка 93 ст.

Тема магистерской диссертации «Разработка многокоординатного станка с параллельными кинематическими связями»

Работа выполнялась в рамках научной работы по собственной инициативе утвержденной на кафедре и зарегистрированной в УкрНТИ (№ 0115U004667).

Разработана целевая функция для оптимизации основных конструктивных параметров станка и его узлов;

Формулировка ограничений задачи оптимизации для выбора конструктивных параметров узлов станка с точки зрения оптимизации размеров зоны обработки и распределения нагрузок приводов станка и выбора двигателей приводов. Разработанная конструкция 5-ти координатного станка с параллельными кинематическими связями. Создана методика и алгоритм определения рациональных конструктивных параметров станка с параллельными кинематическими связями и разработана расчетная процедура в пакете MatCAD для реализации алгоритма. Полученные значения конструктивных параметров использованы при создании 3D модели в пакете Inventor.

Результаты разработки докладывались и были опубликованы в тезисах Всеукраинской научно-технической конференция молодых ученых и студентов «Инновации молодежи - машиностроению» Секция «Машиностроение».

Ключевые слова:

Многокоординатного металлорежущий станок, параллельные кинематические связи, оптимизация конструктивных параметров

Summary:

The volume of the graphic part of 10 sheets of A1 format, explanatory note 93 of Art.

Theme of the master's thesis "Development of multi-coordinate machine with parallel kinematic connections"

The work was carried out in the framework of scientific work on its own initiative approved at the department and registered in UkrNTI (No. 0115U004667).

The target function is developed for optimization of the basic structural parameters of the machine and its knots;

The formulation of the optimization task limitations for selecting the design parameters of the machine nodes in terms of optimizing the dimensions of the processing zone and the distribution of loads of machine drives and the choice of drive motors. The design of a 5-coordinate machine with parallel kinematic bundles has been developed. A methodology and algorithm for determining rational structural parameters of a machine with parallel kinematic bonds were created and a calculation procedure was developed in the MatCAD package for the implementation of the algorithm. The obtained values of constructive parameters were used when creating the 3D model in the Inventor package.

The results of the development were reported and published in the theses of the All-Ukrainian Scientific and Technical Conference of Young Scientists and Students "Innovations in Youth - Mechanical Engineering" Section "Mechanical Engineering".

Keywords:

Multi-coordinate metal cutting machine, parallel kinematic bonds, optimization of structural parameters

Зміст

Вступ

Реферат

1.	Патентний пошук.....	6
2.	Визначення швидкостей та прискорень	21
2.1	Визначення лінійних і кутових швидкостей.....	22
2.2	Визначення лінійних і кутових прискорень.....	28
2.3	Кінетостатичне дослідження важільної схеми	33
3.	Конструкторський розділ.....	45
3.1	Конструкторський розділ.....	45
3.2	Кінематичні залежності механізму.....	60
4	Стартап проект.....	73
4.1	<i>Опис ідеї проекту (товару, послуги, технології).....</i>	<i>73</i>
4.2	<i>Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....</i>	<i>74</i>
4.3	<i>Розроблення ринкової стратегії проекту.....</i>	<i>81</i>
4.4	<i>Розроблення маркетингової програми стартап-проекту.....</i>	<i>85</i>
4.5	Структура витрат проекту.....	86
4.6	Зведена інформація затрат за проектом, тис.грн.....	87
	Висновки.....	88
	Література.....	89

Вступ

Останнім часом набули широкого поширення верстати з паралельної кінематикою, такі як біпод, тріпот, гексапод, біглайд. Різниця між верстатами полягає в кількості штанг і в кількості координатних точок при обробці деталей.

Гексапод - верстат нового покоління, який широко використовується в машинобудуванні при обробці поверхонь деталі. Вперше про верстат даного типу почули в 80 роки в Росії. Верстат виконує поступальний рух і відноситься до технологічного устаткування з паралельної кінематикою. Принцип побудови заснований на з'єднання шести штанг різної довжини, що дозволяє здійснювати обробку по шести координатним точкам.

Верстат складається з наступних функціональних вузлів:

- шпindelний вузол;
- три штанги рухомої платформи, які складаються з корпусу і з'єднуються шарнірами;
- робочий стіл, на якому кріпиться деталь.

Штанги виконують функцію подач. Переміщення шпindelного вузла, здійснюється шляхом зміни довжини штанг за допомогою використання ЧПУ.

Задана траєкторія шпинделя програмується в системі координат деталі, а його положення в будь-якій точці траєкторії може бути задано трьома лінійними координатами кінця інструменту та за допомогою двох координат кутових, які визначають кут нахилу осі інструменту.

Гексапод складається з наступних модулів:

- МГР - модуль головного руху;
- МЗД - Модуль зміни довжини штанги;
- МНБ - Модуль нерухомого стаціонарного блоку.

Модуль головного руху складається з мотор - шпинделя, частотного перетворювача.

Модуль зміни довжини штанги складається з приводу, штанг різної довжини, на кінцях яких розташовані опорні шарніри.

Від модуля нерухомого стаціонарного блоку залежить компонування технологічного обладнання.

Мотор - шпindelь складається з приводу, який механічно пов'язаний зі шпindelем. Частота обертання ротора двигуна, дорівнює частоті обертання шпинделя.

Розділ 1 Патентний пошук

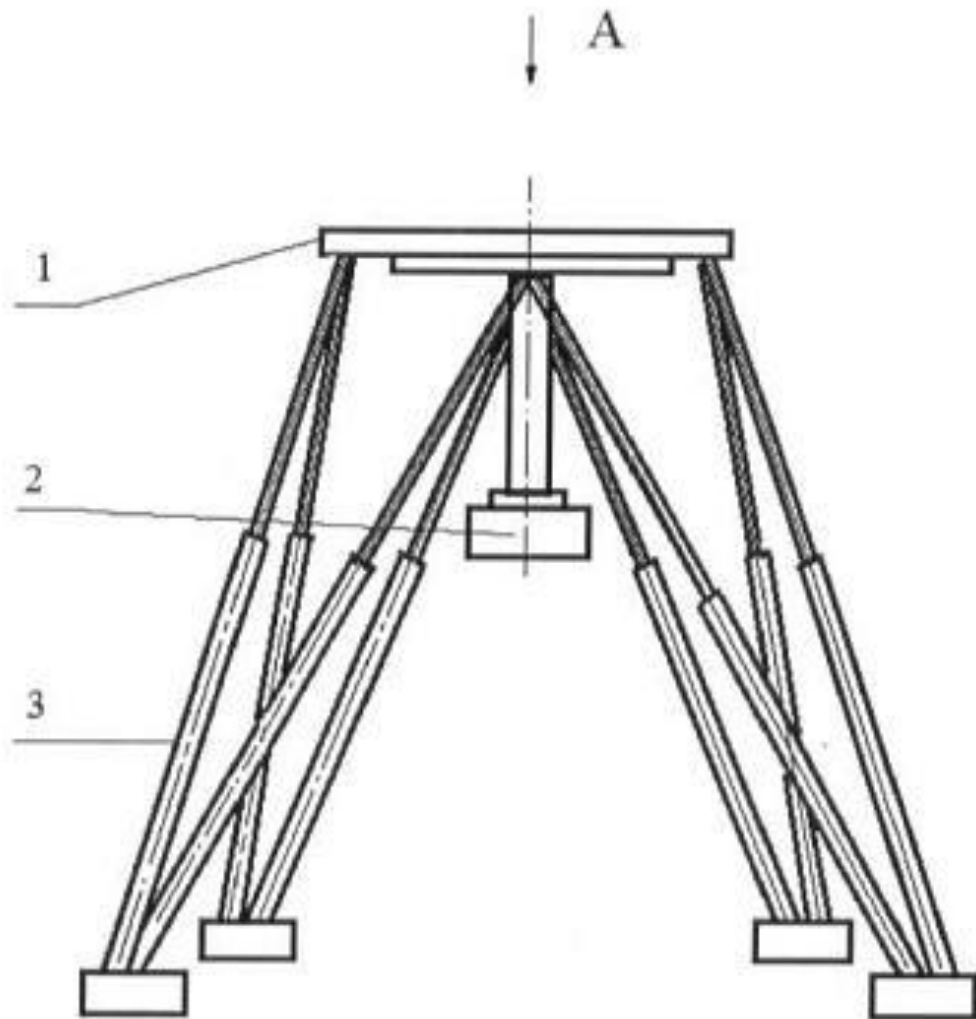


Рис. 1 Загальний вид верстата-гексапода

В основу поставлена задача вдосконалення конструкції верстата-гексапода для точності обробки деталей.

Задача вирішується тим, що гексапод містить вісім кінематичних ланок, які встановлено на поверхні деталі.

Корисна модель пояснюється кресленнями, на яких зображено:

- рис. 1 - загальний вид верстата-гексапода;

A

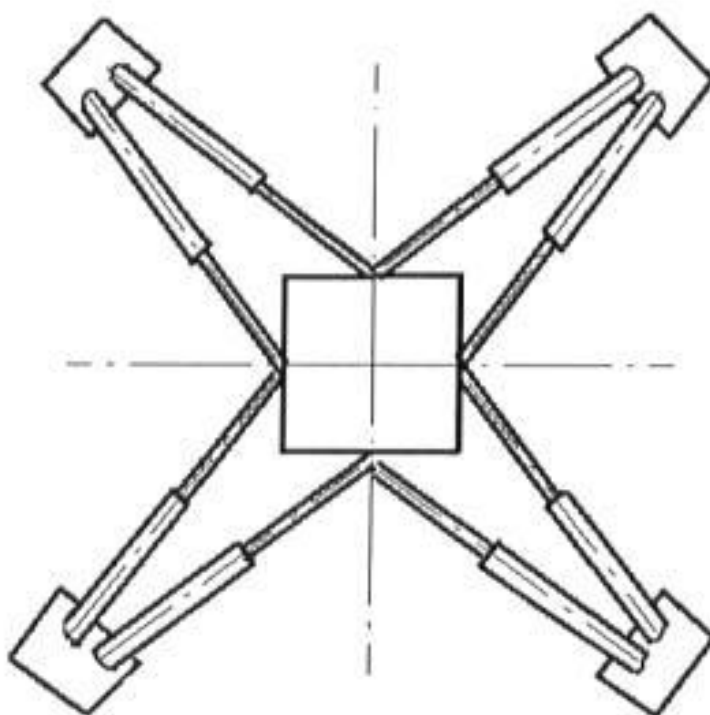


Рис 2 вид А

- рис. 2 - вид А.

Гексапод містить:

рухома платформу 1

шпиндельну головку 2

8 кінематичних ланок змінної довжини 3

Рухома платформа 1

Застосування цього пристрою дозволяє зменшити похибку і налаштувати інструмент за рахунок використання додаткових розмірних ланок.

Верстат-гексапод, який містить рухома платформу, на якій зроблено шпиндельну головку, яка **відрізняється** тим, що містить вісім кінематичних ланок, які встановлено на поверхні деталі. [7]

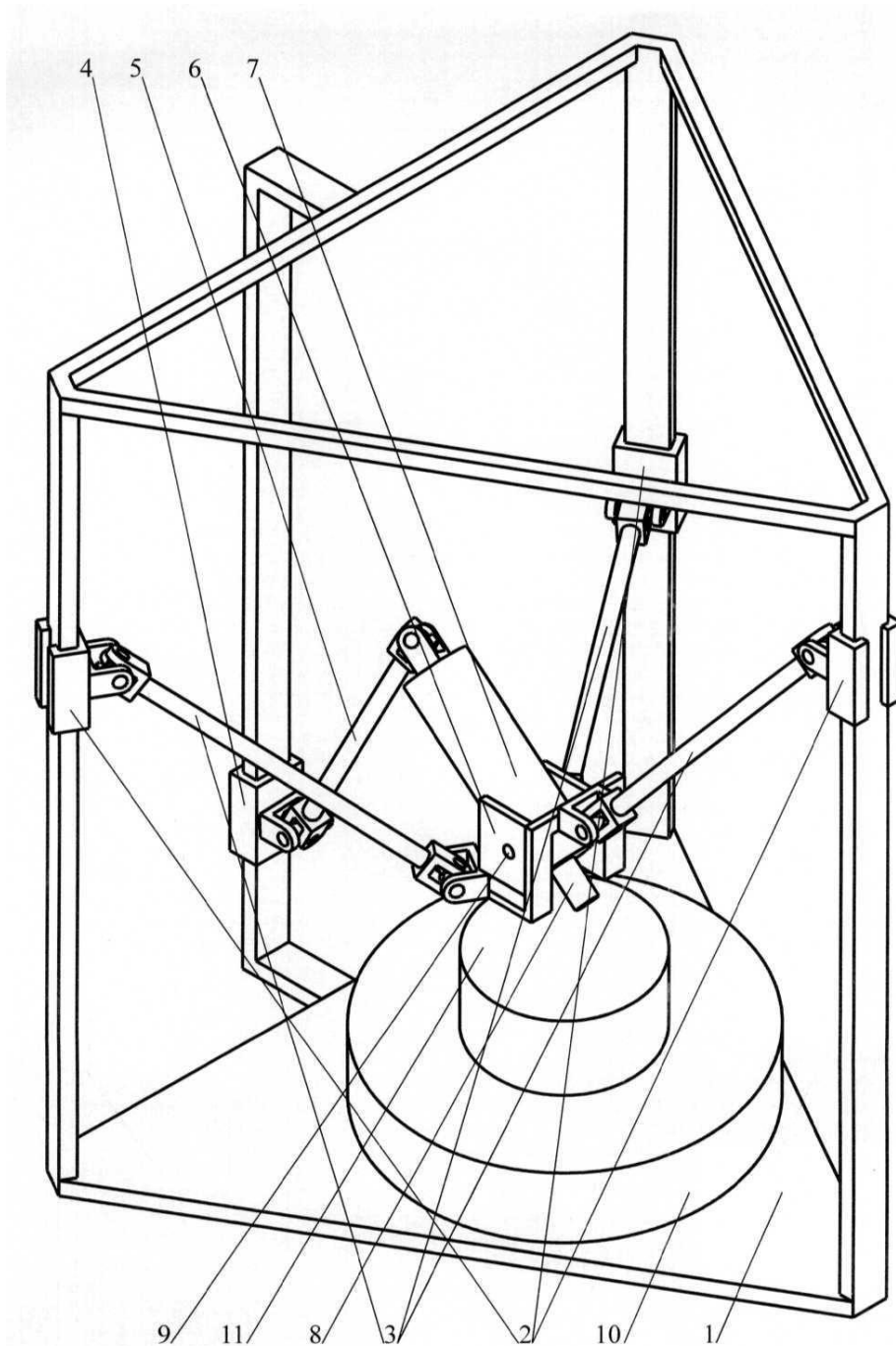


Рис. 3 Верстат з комбінованою кінематичною структурою

Задачею є підвищення рухомості вихідного органу зі шпинделем. Причому три штанги приєднується до вихідного органу і мають конструкцію, яка забезпечує переміщення вихідного органу без зміни кутової орієнтації відносно станини.

Інша штанга приєднана до другої частини вихідного органу, яка містить шпindelь.

Вісь обертання співпадає з віссю обертання заготовки.

Верстат з комбінованою кінематичною структурою, який містить станину, привод обертання та привод переміщення шпindelя із паралельними кінематичними структурами з механізмами подачі чотирьох штанг, які пов'язані з вихідним органом. Відрізняється вони тим, що вихідний орган складається з двох частин і поєднаний між собою шарніром. Три штанги приєднуються до частини вихідного органу і це забезпечує переміщення по трьох лінійних координатах, інша одна штанга до другої частини вихідного органу і ця частина містить шпindelь. [8]

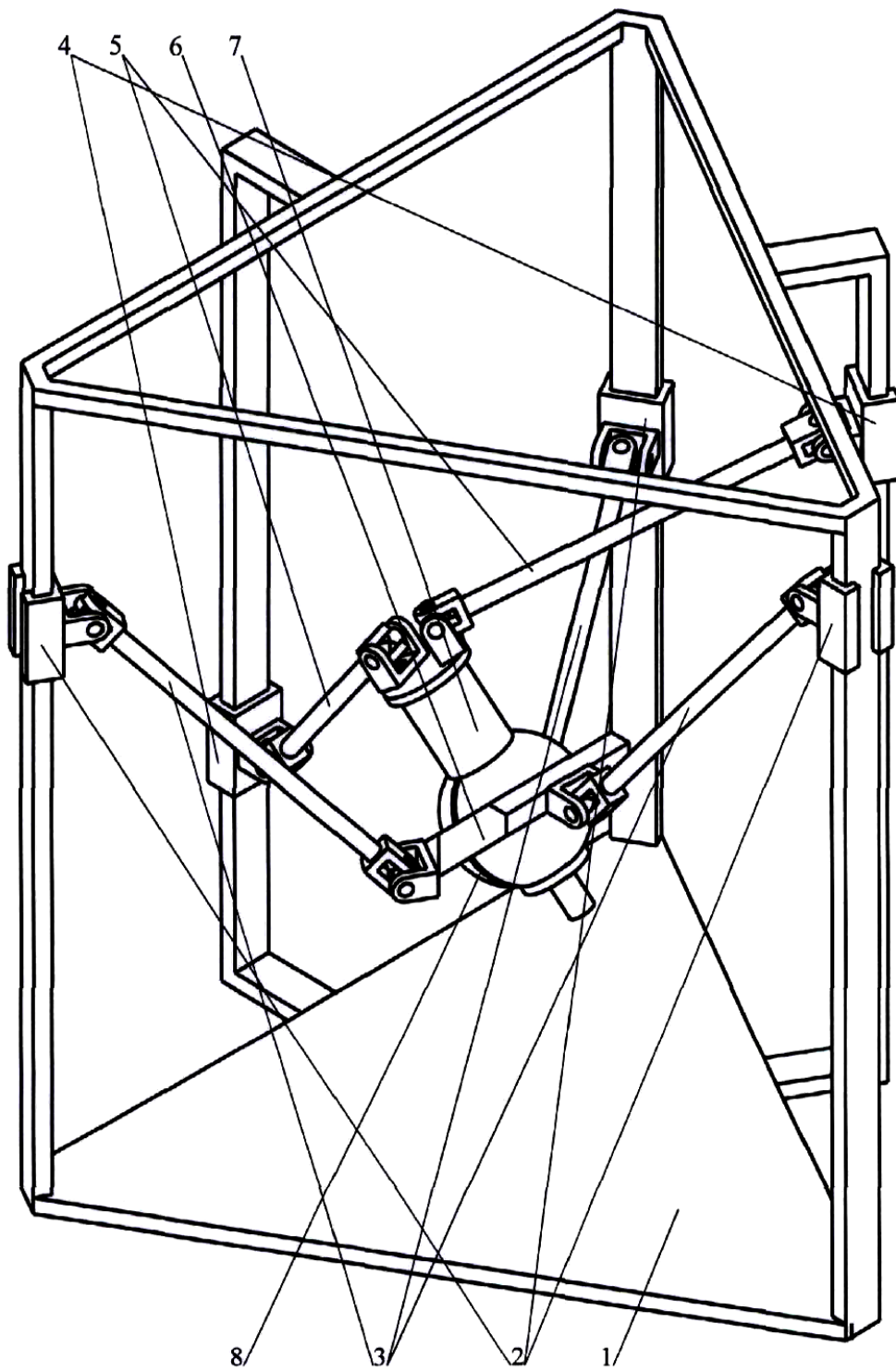


Рис. 3 ПРИВОД ПЕРЕМІЩЕННЯ ВИХІДНОГО ОРГАНА ВЕРСТАТА З П'ЯТЬМА ШТАНГАМИ

Задачею було підвищення рухомості вихідного органа ,на основі паралельних кінематичних структур.

Поставлена мета вирішується тим, що привод з п'ятьма штангами на основі паралельних кінематичних структур, який містить станину, механізми подачі штанг, які пов'язані з вихідним органом.

Вихідний орган складається з двох частин, поєднаних шарніром, причому три штанги приєднуються до вихідного органа і мають конструкцію, яка забезпечує переміщення вихідного органа по лінійних координатах без зміни.

Економічна ефективність нашої задачі забезпечується за рахунок підвищення вихідного органа. Внаслідок функціонального розділення штанг, система керування дає змогу простіше користуватись приводами подачі штанг.

Привод переміщення вихідного органа відрізняється тим, він складається з двох частин, поєднаних між собою шарніром, причому три штанги приєднуються до вихідного органа і мають конструкцію, яка забезпечує переміщення по трьох лінійних координатах, а інші дві штанги приєднуються до іншої частини. [9]

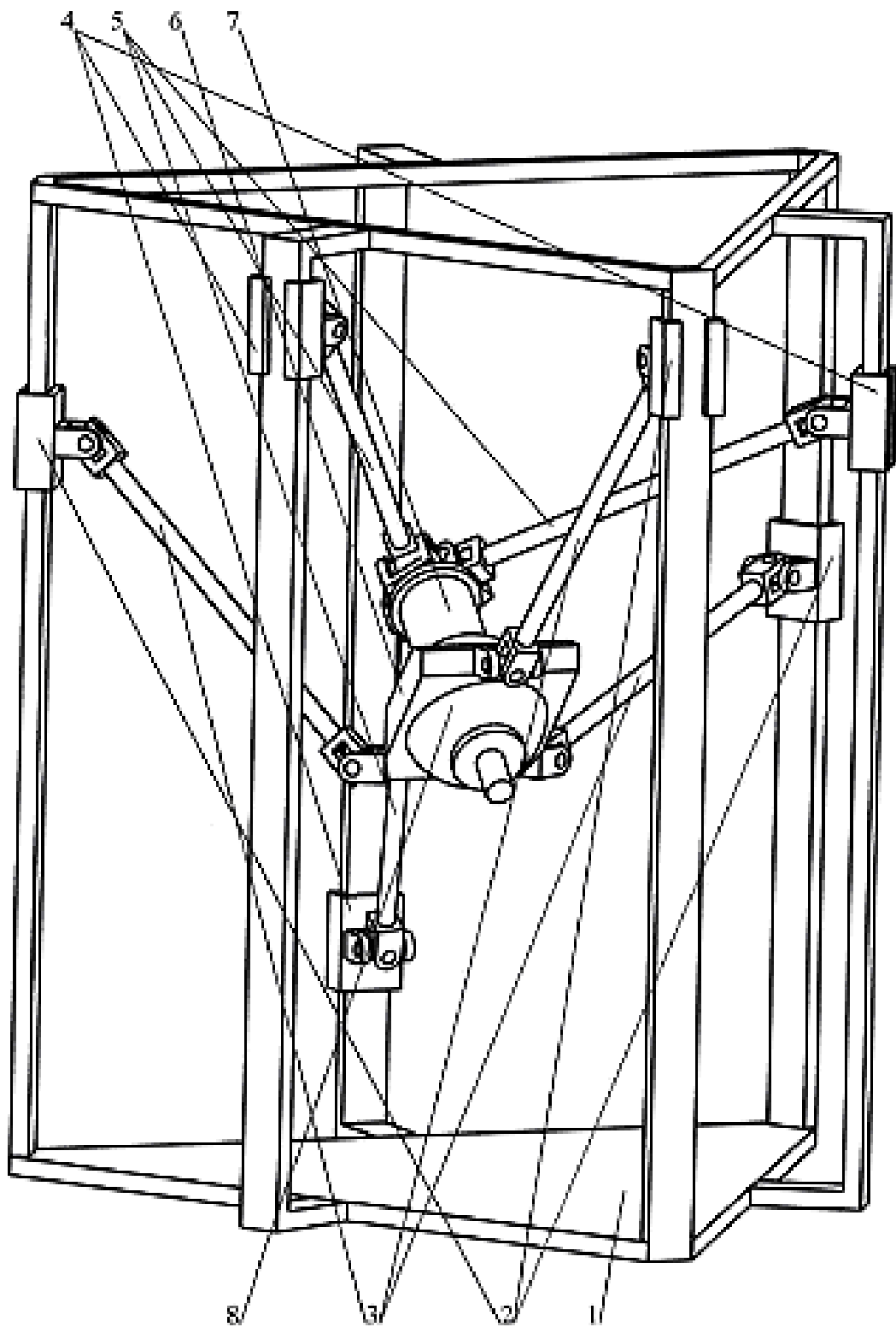


Рис. 4 Привід переміщення вихідного органа верстата з шістьма штангами

Метою корисної моделі було підвищити рухомість вихідного органа верстата

Основою були паралельні кінематичні структури з шістьма штангами.

Шляхом розділення штанг на групи.

Поставлена мета вирішується тим, що у вихідному органі є дві частини, поєднаних між собою шарніром, причому штанги приєднуються до вихідного органа і мають конструкцію, яка забезпечує переміщення вихідного органа по трьох лінійних координатах, а другі штанги приєднуються до іншої частини вихідного органа. [10]

Привід переміщення вихідного органа із шістьма штангами на основі паралельних кінематичних структур, який містить станину, механізми подачі шести штанг, які відрізняється тим, що вихідний орган складається з двох частин, які поєднані між собою шарніром з трьома степенями вільності, а три штанги приєднуються до вихідного органа і мають конструкцію, яка забезпечує переміщення цієї частини вихідного органа, а інші три штанги до іншої частини вихідного органа. [10]

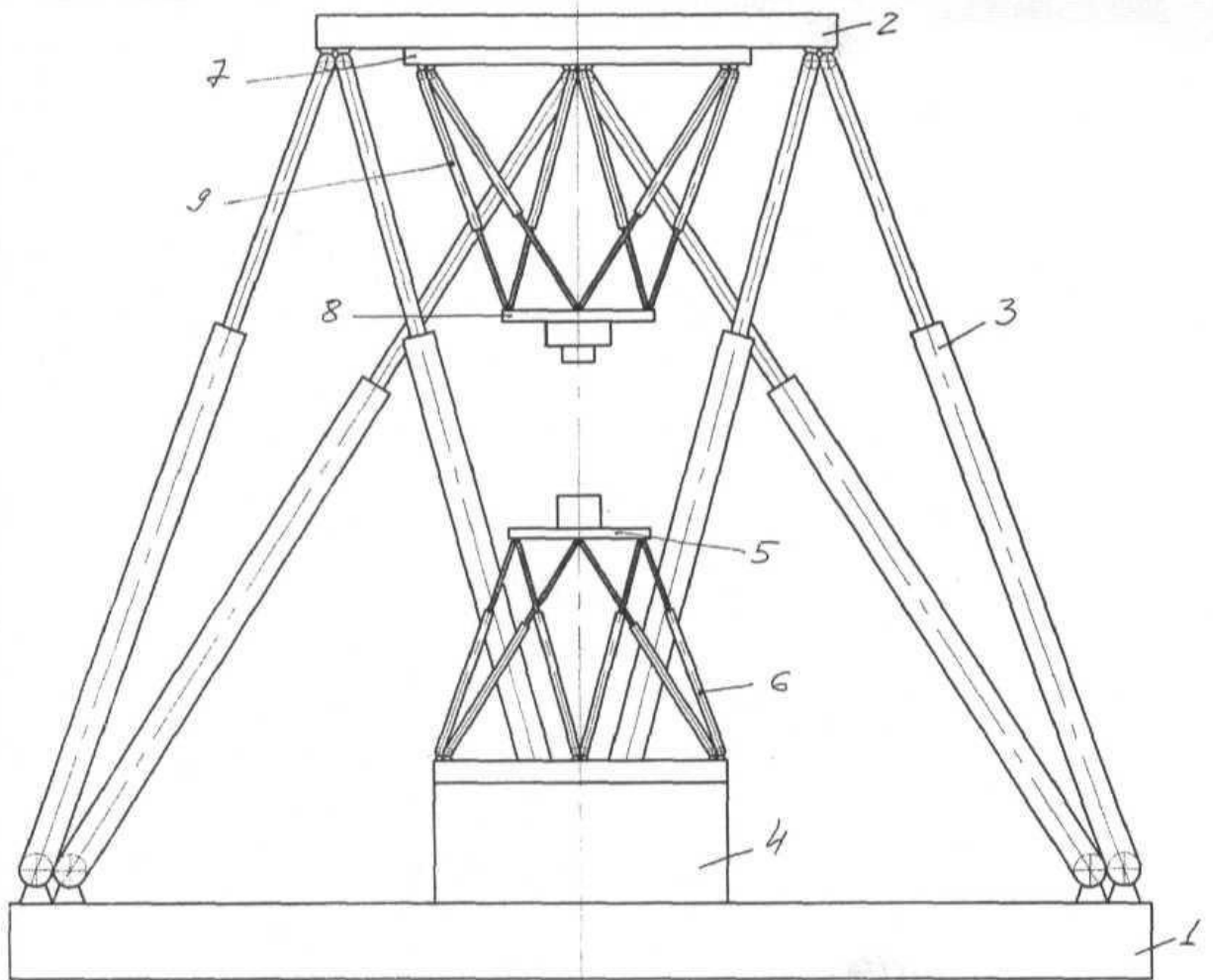


Рис. 5 Верстат-гексапод

В основу моделі поставлена задача розширення тех. можливостей верстата-гексаподу.

Вона вирішується за рахунок того, що застосовується робочий стіл, виконаний за прикладом гексаподу, який надає заготовці ще шість координатних рухів.

Верстат-гексапод складається з :

- нерухомої платформи 1
- рухомої платформи 2

- кінематичними ланками змінної довжини 3
- робочий стіл 1
- нерухома платформа 4
- кінематичні ланки 6
- рухома платформа
- шпиндельна головка 2
- нерухома платформа 7
- кінематичні ланки 9
- рухома платформа 8

Верстат-гексапод , який складається платформ, які шарнірно зв'язані кінематичними ланками змінної довжини. Робочий стіл складається з нерухомої платформи та кінематичних ланок. На рухомій платформі змонтована шпиндельна головка, вона складається з нерухомої платформи.

[11]

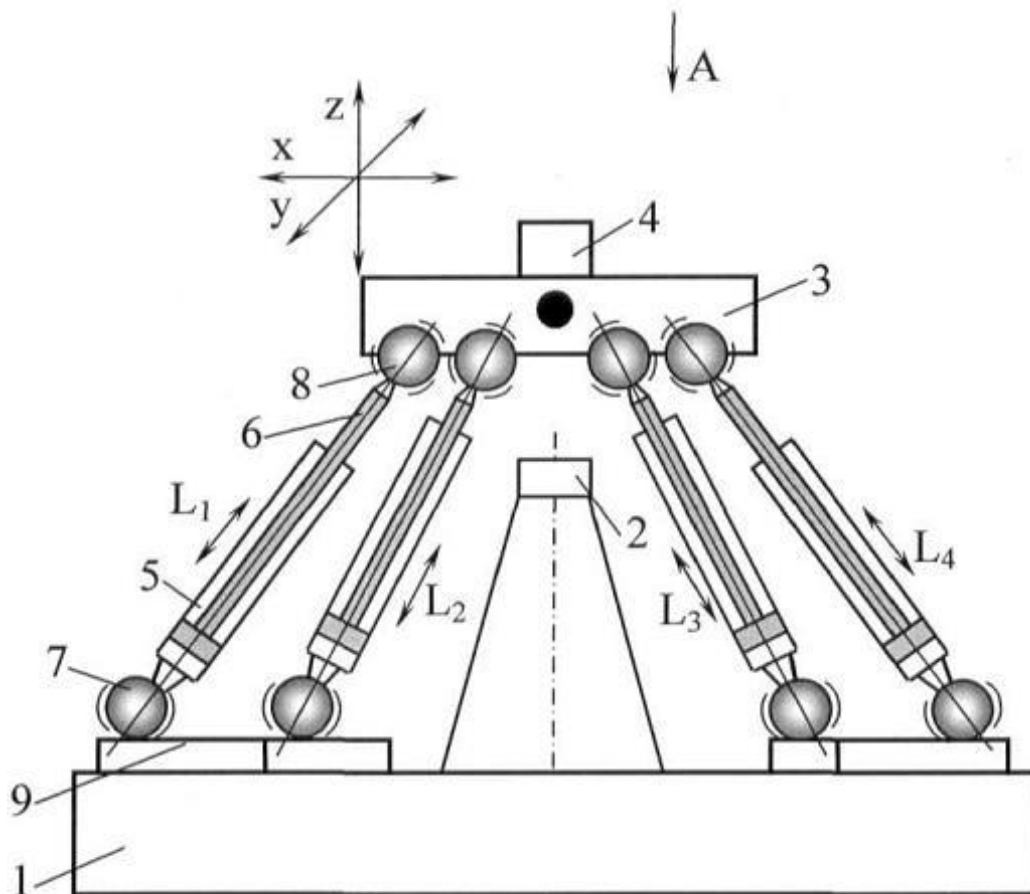


Рис. 6 Механізм-гексапод

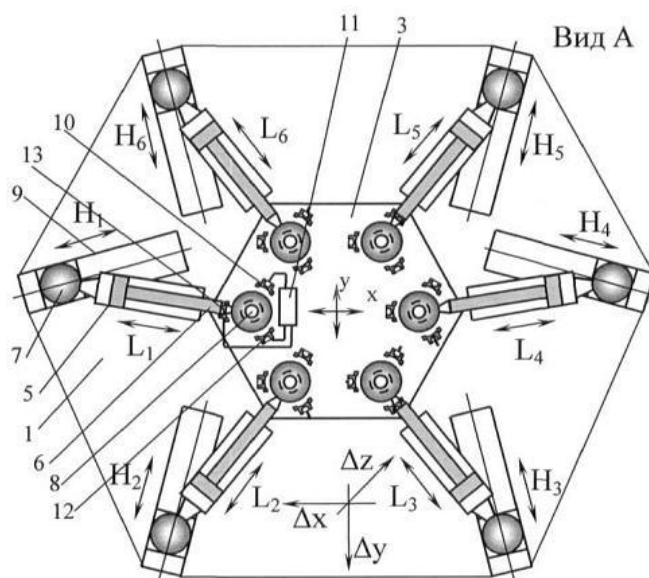


Рис. 6.1 Вид А

В основу корисної моделі була поставлена задача підвищення точності за рахунок демпфування вібрацій. Переміщення робочого органа забезпечує ефективну корекцію похибок, які виникають при переміщенні робочого органа.

Поставлена ціль вирішується тим, що в гексаподі, який складається із нерухою та рухою платформами, та шести механізмів поступального переміщення корпусу. А також має вихідні елементи які шарнірно з'єднані з нерухою та рухою платформами. Шарніри встановлені на нерухомій платформі. Напрямні розташовані на нерухомій платформі. Інновацією є те, що шарніри виконані у вигляді гідростатичних або аеростатичних підшипників. [12]

При цьому шарніри мають сфери, та корпуси, розміщені на рухомій платформі. В них виконано кармани, підключені через дроселі, при цьому перевищують похибки геометрії, кінематики, статичних деформацій.

Механізм-гексапод, який містить нерухому платформу та рухому платформу із робочим органом.

Шість механізмів переміщення корпусів, вихідні елементи яких з'єднані відповідно з нерухою та рухою платформами. Шарніри, встановлені на нерухомій платформі, та виконані з можливістю їх переміщення вздовж напрямних, який відрізняється тим, що шарніри, виконані у вигляді гідростатичних або аеростатичних сферичних підшипників. Закріплені на вихідних елементах механізмів поступальних переміщень, а в шарнірах виконано кармани, які підключені через дроселі, причому зазори між сферою і шарнірами зроблені з можливістю уникнення похибки геометрії. [12]-

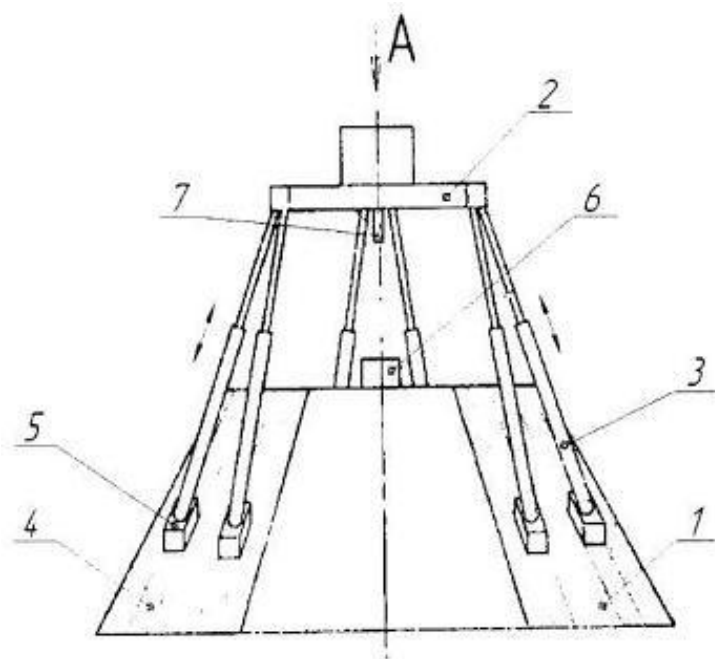


Рис. 7 ВЕРСТАТ-ГЕКСАПОД

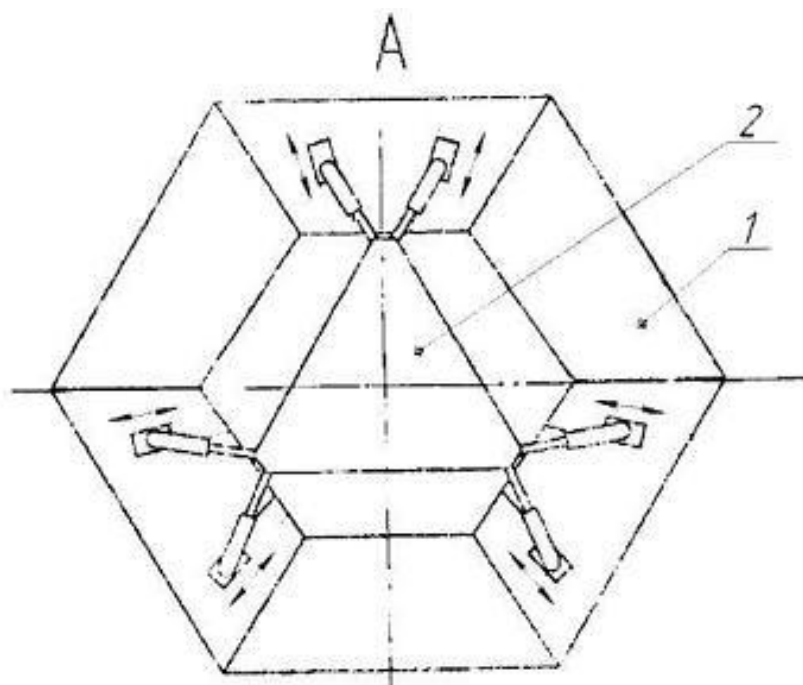


Рис. 7. 1 Вид А

Задачою було збільшення кута нахилу виконавчого органа та збільшення технологічних можливостей верстата.

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що використовуються ланки змінної довжини, які з'єднують виконавчий орган з основою. [13]

Верстат-гексапод містить :

- нерухому конічну шестигранну основу 1
- напрямні 4
- рухомий виконавчий орган 2
- інструмент 7
- шість кінематичних ланок змінної довжини 3
- опорні шарніри 5

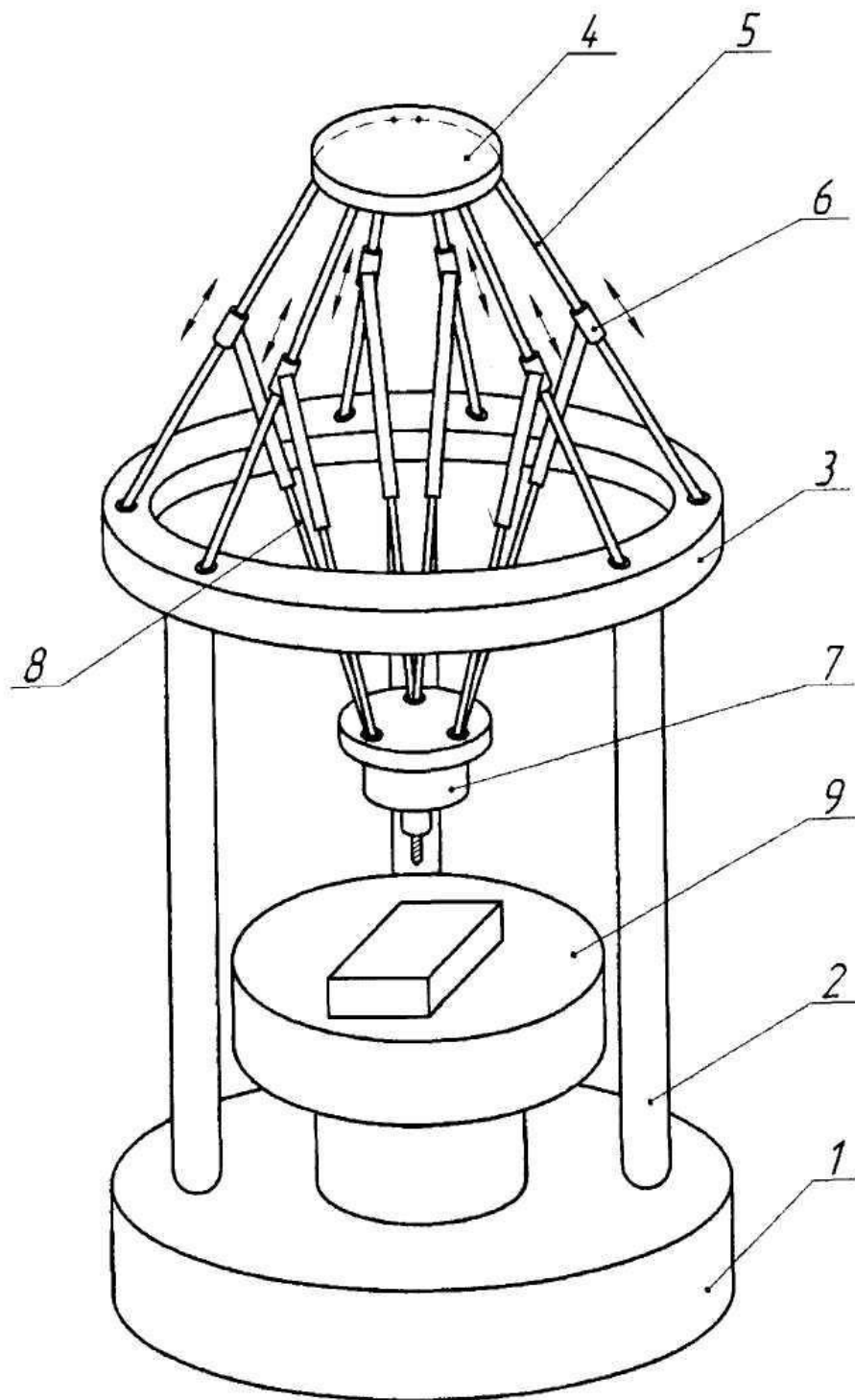


Рис. 8 ВЕРСТАТ-ГЕКСАПОД

Метою даної моделі є збільшення технологічних можливостей верстата-гексапода та розширення параметрів робочого простору.

Поставлена мета вирішується тому, що кінематичні ланки, які з'єднують напрямні. Вони мають можливість змінювати свою довжину залежно від форми фасонної поверхні деталей. [14]

Верстат-гексапод складається з :

- основа 1
- трьох штанг 2
- кільця 3
- платформи 4
- шість додаткових напрямних 5
- шість опорних шарнірів 6
- виконавчий орган 7
- шість кінематичних ланок 8
- змонтований робочий стіл 9

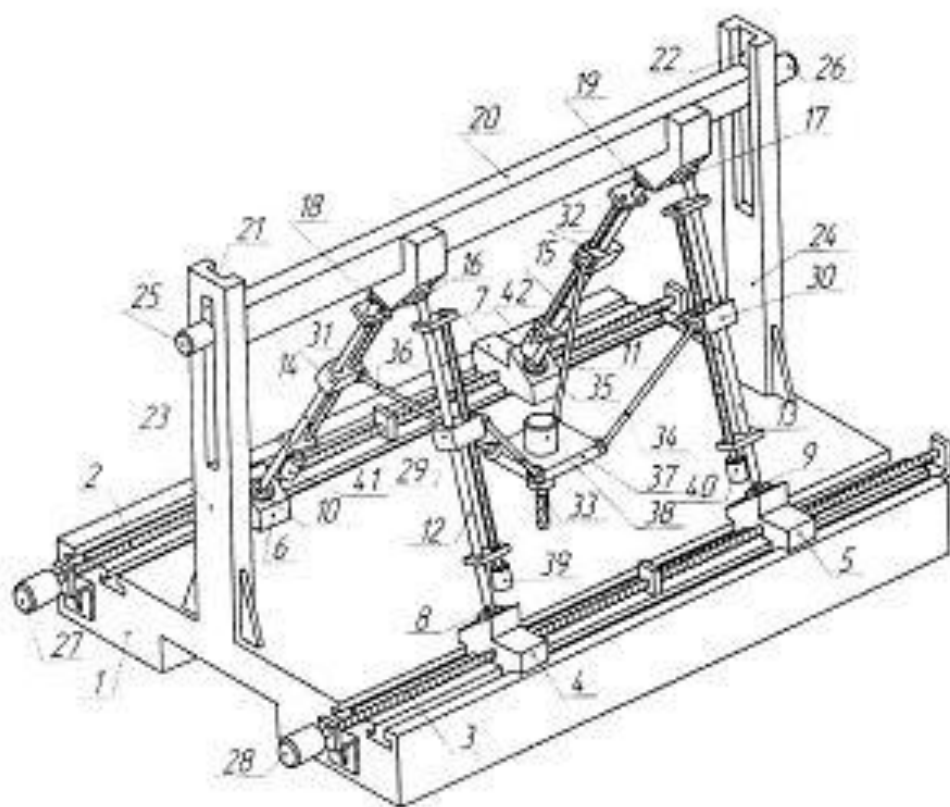


Рис.9 БАГАТООКООРДИНАТНИЙ ФРЕЗЕРНИЙ ВЕРСТАТ

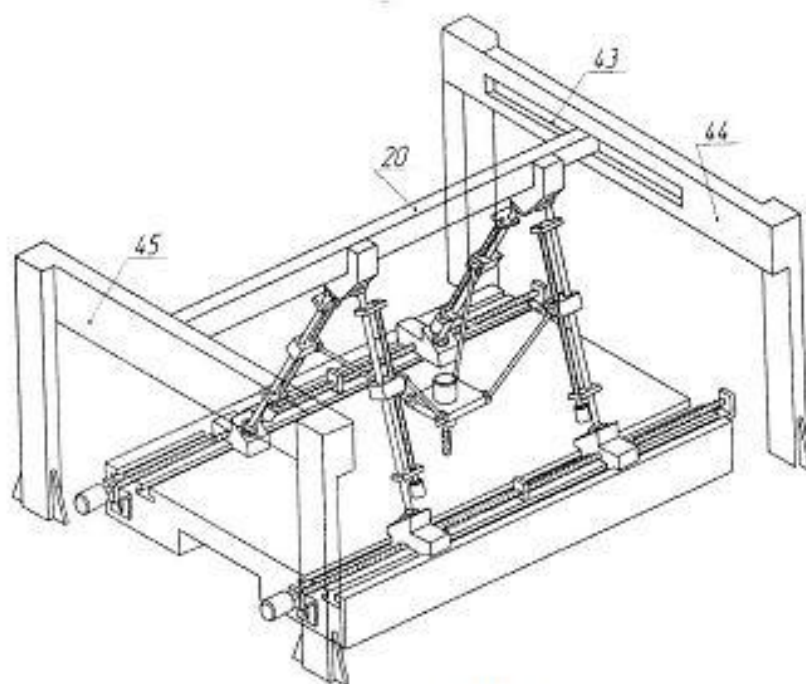


Рис. 9.1 Загальний вид

Відомий верстат-гексапод , який складається з нерухомої платформи , рухомої платформи , шести механізмів поздовжнього переміщення, корпуси. Шарніри механізмів поздовжнього переміщення виконані із можливістю їх переміщення вздовж напрямних. [15]

До недоліків цього верстата належить:

- використання в конструкції телескопічних штанг змінної довжини, які знижують жорсткість верстата;
- складність конструкції, обумовлена необхідністю використання шести приводів подач.

Задача, полягає в тому, що багатогоординатний фрезерний верстат, який містить верхню і нижню основи, шарнірно зв'язані між собою через штанги. Одні кінці з'єднані через шарніри, а другі платформою, причому опори осей механізмів утворюють в нижній частині прямокутник.

Вказана задача вирішується тому, що в механізмі на нижніх кінцях напрямних встановлені шарніри з можливістю їх переміщення . [15]

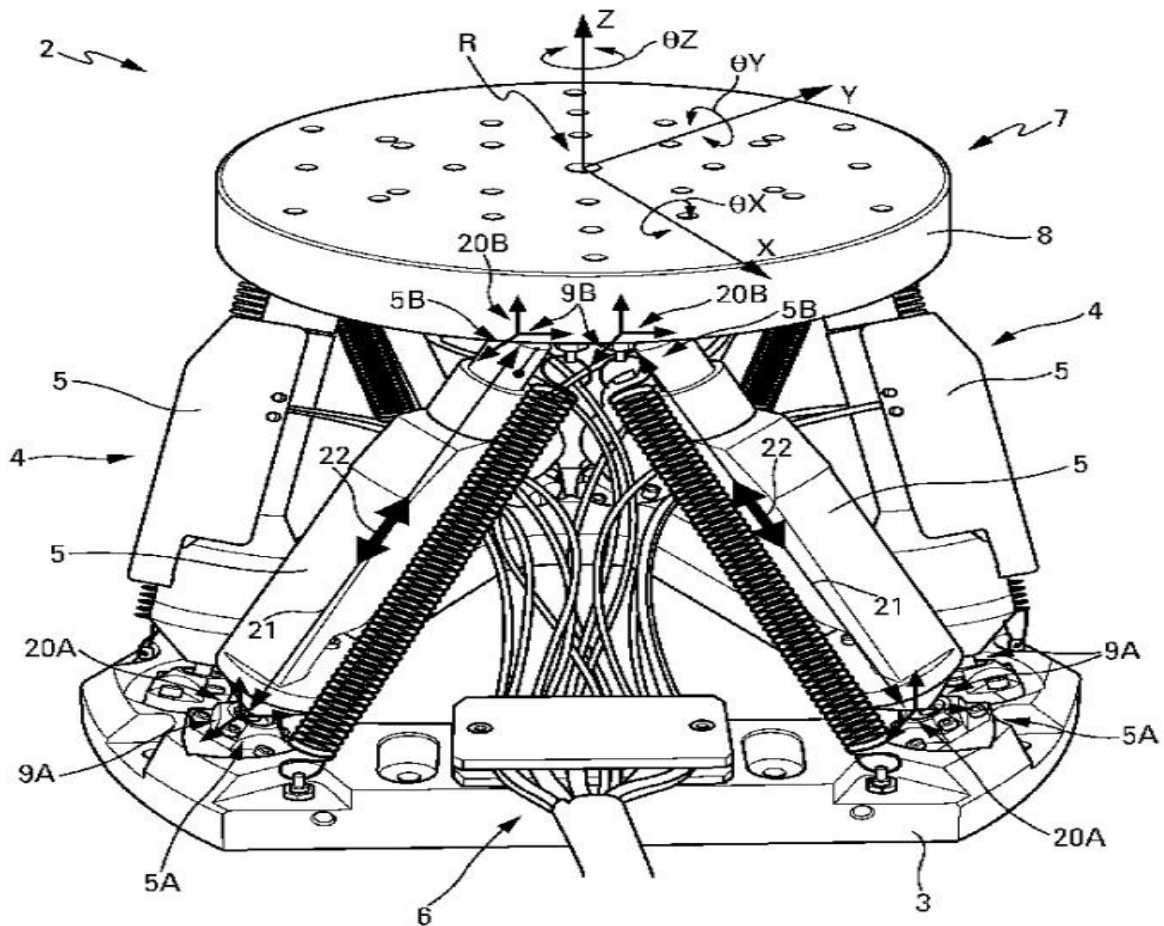
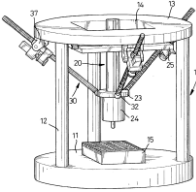
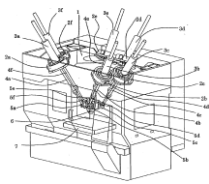
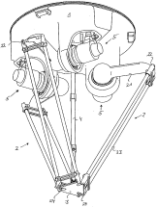
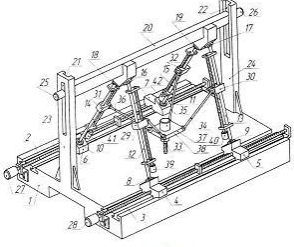
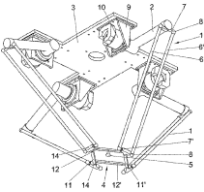
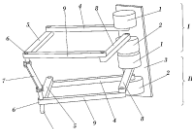
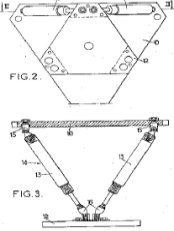
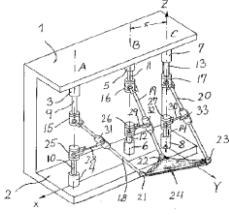
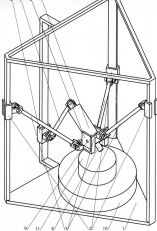
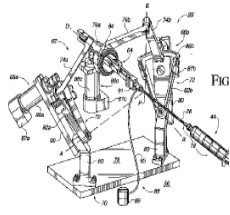
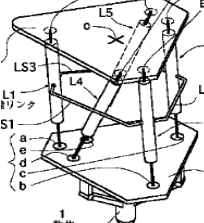
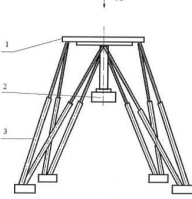
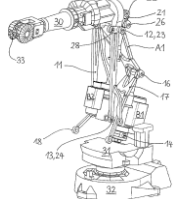
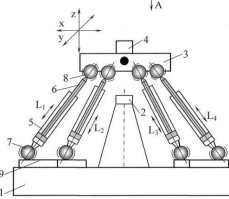
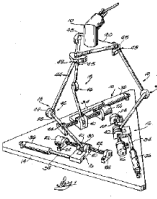
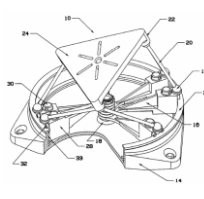
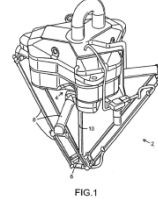
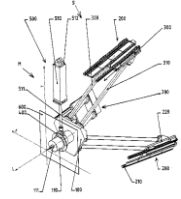
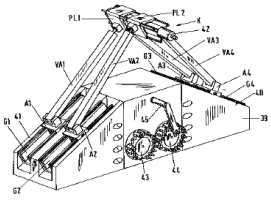
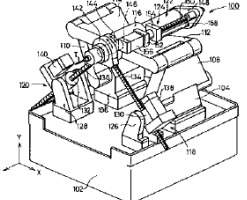
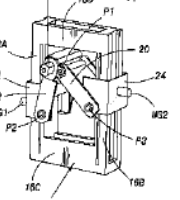
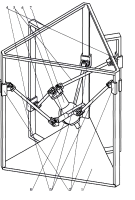
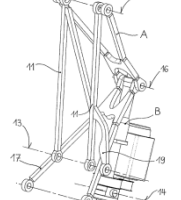
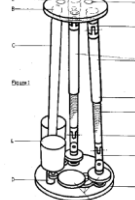


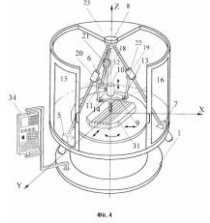
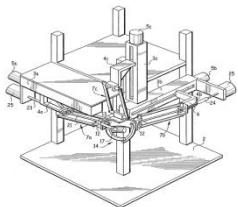
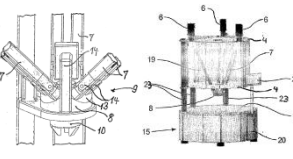
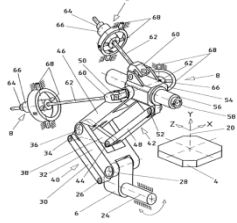
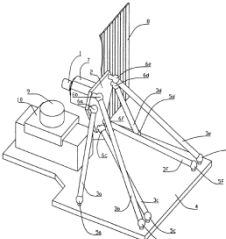
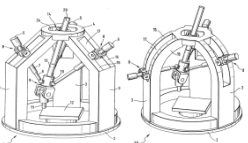
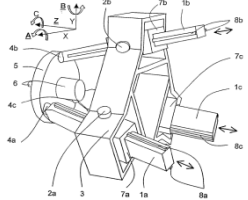
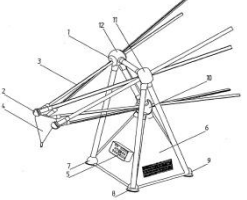
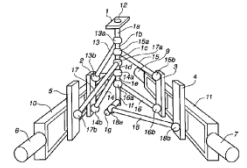
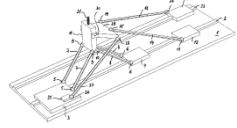
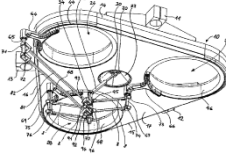
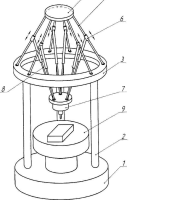
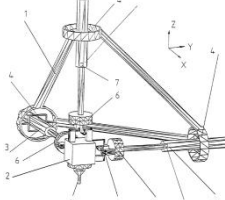
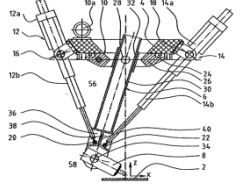
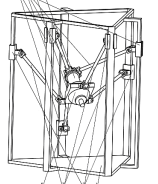
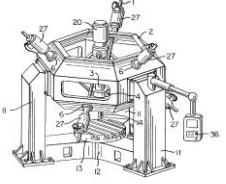
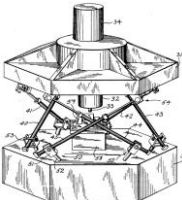
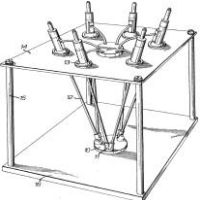
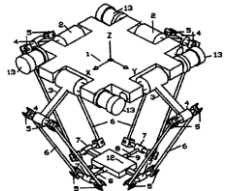
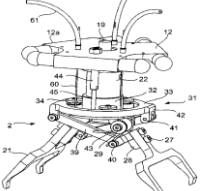
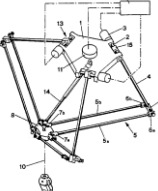
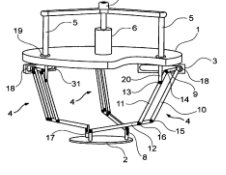
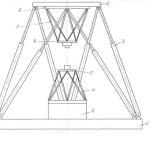
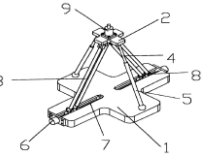
Рис. 10 Загальний вид

Розкрито спосіб компенсації похибок точності гексапод, причому згаданий гексапод містить підставу, приводний вузол, який має шість лінійних трансляційних виконавчих механізмів, блок управління і рухливу каретку, яка містить платформу, з'єднану з основою за допомогою виконавчого вузла. Спосіб включає в себе етап вимірювання для визначення геометрії та помилок позиціонування на гексапод, етап вимірювання, що включає в себе підетапи для визначення помилок позиціонування центрів повороту на каретці і на підставі, для визначення помилок довжини виконавчих механізмів і для вимірювання позиціонування помилки виконавчих механізмів уздовж його шляху, спосіб компенсації також включає в себе етап для обчислення з прийнятих вимірювань, значень компенсації помилок і етап для застосування згаданих значень компенсації оши БКІ до блоку управління гексапод під час подальшого використання згаданого гексапод.

РЕЗУЛЬТАТИ ПАТЕНТНО-ІНФОРМАЦІЙНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

<p>Патент США №2004126198</p>	<p>Патент США №2005143859</p>	<p>Патент США №2006182602</p>	<p>Патент України № 66830</p>	<p>Патент ВО №2006087399</p>	<p>Патент ВО №2006106165</p>
			 <p style="text-align: center;">Фиг. 1</p>		
<p>Патент Франції № 2549916</p>	<p>Патент Німеччини № 19710171</p>	<p>Патент України № 122703</p>	<p>Патент США № 2004183777</p>	<p>Патент Японії № 10277974</p>	<p>Патент України № 120515</p>
			 <p style="text-align: center;">FIG</p>	 <p style="text-align: center;">1 物体</p>	 <p style="text-align: center;">Фиг. 1</p>
<p>Патент ВО №2007012093</p>	<p>Патент України № 73729</p>	<p>Патент США №4806068</p>	<p>Патент США №56196081</p>	<p>Патент США №20030121350</p>	<p>Патент ВО №9961198</p>
	 <p style="text-align: center;">Фиг. 1</p>			 <p style="text-align: center;">FIG.1</p>	
<p>Патент ЄР № 0791438</p>	<p>Патент Великобританії № 2308322</p>	<p>Патент Франції № 2800659</p>	<p>Патент України № 114304</p>	<p>Патент ВО № 2007012093</p>	<p>Патент ЄР № 0112099</p>
					

РЕЗУЛЬТАТИ ПАТЕНТНО-ІНФОРМАЦІЙНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

<p>Патент України № 86533</p>	<p>Патент Франції № 2004/000259</p>	<p>Патент Німеччини № 2004/000377</p>	<p>Патент Німеччини № 99/02317</p>	<p>Патент Німеччини № 19844791</p>	<p>Патент Німеччини № 19904702</p>
					
<p>Патент США № 2003/030261</p>	<p>Патент Німеччини № 19904702</p>	<p>Патент Швейцарії № 01/02291</p>	<p>Патент США № 4976582</p>	<p>Патент Італії № 2002/000623</p>	<p>Патент України № 63442</p>
					
<p>Патент Німеччини № 1903613</p>	<p>Патент Німеччини № 19952530</p>	<p>Патент України 112828</p>	<p>Патент США № 6059703</p>	<p>Патент США № 5028180</p>	<p>Патент Великобританії GB № 2083795</p>
					
<p>Патент Китаю №1857875</p>	<p>Патент Франції №2877867</p>	<p>Патент США №54976582</p>	<p>Патент ЄР №1786602</p>	<p>Патент України № 88988</p>	<p>Патент Китаю №2868585</p>
					

Останнім часом набули широкого поширення верстати з паралельної кінематикою, такі як бібод, трібот, гексапод, біглайд. Різниця між верстатами полягає в кількості штанг і в кількості координатних точок при обробці деталей.

Гексапод - верстат нового покоління, який широко використовується в машинобудуванні при обробці поверхонь деталі. Вперше про верстат даного типу почули в 80 роки в Росії. Верстат виконує поступальний рух і відноситься до технологічного устаткування з паралельної кінематикою. Принцип побудови заснований на з'єднання шести штанг різної довжини, що дозволяє здійснювати обробку по шести координатним точкам.

Верстат складається з наступних функціональних вузлів:

- шпindelний вузол;
- три штанги рухомої платформи, які складаються з корпусу і з'єднуються шарнірами;
- робочий стіл, на якому кріпиться деталь.

Штанги виконують функцію подач. Переміщення шпindelного вузла, здійснюється шляхом зміни довжини штанг за допомогою використання ЧПУ.

Задана траєкторія шпинделя програмується в системі координат деталі, а його положення в будь-якій точці траєкторії може бути задано трьома лінійними координатами кінця інструменту та за допомогою двох координат кутових, які визначають кут нахилу осі інструменту.

Гексапод складається з наступних модулів:

- МГР - модуль головного руху;
- МЗД - Модуль зміни довжини штанги;

- МНБ - Модуль нерухомого стаціонарного блоку.

Модуль головного руху складається з мотор - шпинделя, частотного перетворювача.

Модуль зміни довжини штанги складається з приводу, штанг різної довжини, на кінцях яких розташовані опорні шарніри.

Від модуля нерухомого стаціонарного блоку залежить компонування технологічного обладнання.

Мотор - шпиндель складається з приводу, який механічно пов'язаний зі шпинделем. Частота обертання ротора двигуна, дорівнює частоті обертання шпинделя.

Розділ 2

1.1 Визначення лінійних і кутових швидкостей

Розглянемо режим підйому для забезпечення якого точка А від гідроциліндра отримує вертикальний рух . За умови , $V_a = \text{const}$; $V_b = 0$, з полюса p плану швидкостей (мал. 1) проводимо зображуючий вектор швидкостей точки А[1] , довжину якого , мм , визначаємо за формулою :

$$(pa) = \frac{V_A}{\mu_V} ,$$

Де V_a – швидкість переміщення точки А (штока вертикально встановленого гідроциліндра); [1]

μ_V - масштабний коефіцієнт плану швидкостей , $\text{м}^* \text{с}^{*-1} / \text{мм}$.

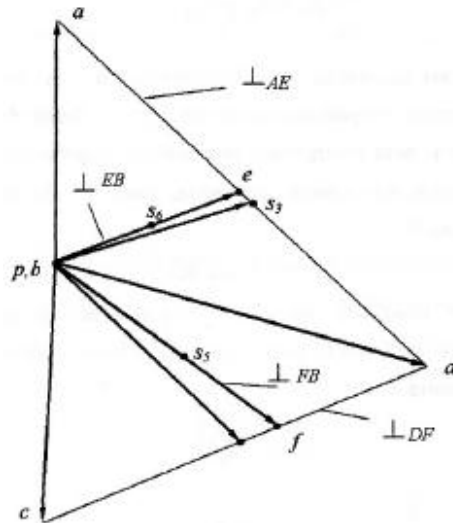
Рух точки Е, яка належить ланкам 3 і 6 , відносно точок А і В . Опишемо системою векторних рівнянь [1]

$$\begin{cases} V_E = V_A + V_{EA} \\ V_E = V_B + V_{EB} \end{cases}$$

Відповідно рівнянню (1) з точки a плану швидкостей проводимо пряму , перпендикулярну до осі AE ланки 3 , а у відповідності до рівняння (2) з точки b , яка знаходиться в полюсі p , проводимо пряму перпендикулярну до осі BE ланки 6 . На перетині цих прямих отримуємо точку e , яку зездуємо з полюсом p . Швидкість точки E

$$V_E = (pe)\mu_V \quad (3)$$

Де (pe) , мм – довжина відрізка на плані швидкостей , що забезпечує у масштабі μ_V вектор V_E [1]



Мал . 1 План швидкостей механізму пантографа збалансованого маніпулятора[1]

Враховуючи , що точка D належить ланці 3 , швидкостей двох точок якої (A і E) ми вже знаємо , положення точки d на ланці швидкостей визначаємо із співвідношення $\frac{(AE)}{(ae)} = \frac{(AD)}{(ad)}$, [1] звідси :

$$(ad) = (ae) \frac{(AD)}{AE} , (4)$$

$$V_D = (pd)\mu_V (5)$$

Рух точки F , яка належить ланкам 4 і 5 , відносно точок D і B , швидкості яких ми знаємо , опишемо системою векторних рівнянь :

$$\begin{cases} V_F = V_D + V_{FD} \\ V_F = V_B + V_{FB} \end{cases} (6,7)$$

Відповідно рівнянням (6 і 7) з точки d на плані швидкостей проводимо пряму , перпендикулярну до осі FD ланки 4, а з точки b (знаходиться в полюсі p) – пряму перпендикулярну до осі FB ланки 5. [1]

На перетині цих прямих отримуємо точку f . Знаходимо величину швидкості F :

$$V_F = (pf)\mu_V (8)$$

Лінійну швидкість точки C визначаємо за співвідношенням (враховуючи те, що точка C належить ланці 4, швидкості двох точок D і F якої ми вже знаємо[1]):

$$\frac{(FD)}{(fd)} = \frac{(CF)}{(cf)}, \quad (9)$$

$$(cf) = fd \frac{(CF)}{(FD)}, \quad (10)$$

На продовженні промії (fd) у відповідності з рівнянням (10) відкладаємо відрізок (cf) . Швидкість точки C , [1]

$$V_c = (pc)\mu_V, \quad (11)$$

Для визначення кутових швидкостей ланок спочатку знаходимо величини відносних швидкостей точок ланок[1]

$$V_{EA} = (ea)\mu_V; V_{EB} = (eb)\mu_V; V_{FB} = (fb)\mu_V; V_{FD} = (fd)\mu_V \quad (12)$$

Величини кутових швидкостей швидкостей ланок :

$$\omega_3 = \frac{V_{EA}}{L_{EA}}; \omega_4 = \frac{V_{FD}}{L_{FD}}; \omega_5 = \frac{V_{FB}}{L_5}; \omega_6 = \frac{V_{EB}}{L_6}. \quad (13)$$

Напрямки кутових швидкостей (повороту) ланок визначаємо переносючи вектори відносних швидкостей у відповідні точки ланок на схемі маніпулятора. Наприклад, вектор відносної швидкості V_{EA} точок ланки 3 (відрізок (ea) , спрямований від точки a до точки e) уявно переносимо з плану швидкостей паралельно самому собі в точку E на схемі механізму і розглядаємо напрямок його повороту відносно точки A . Звідси встановлюємо, що ланки 3 у відносному миттєвому русі буде обертатись за годинниковою стрілкою. [1]

2.1 Визначення лінійних і кутових прискорень

За умов $V_A = const$, $V_B = 0$, точки a, b , що відповідають прискоренням однойменних точок на ланках механізму, знаходяться в полюсі. План прискорень будемо з полюса π (мал. 2) відповідно системі векторних рівнянь, які описують рух точки E з ланками 3, 6. [1]

$$\begin{cases} a_E = a_A + a_{EA}^n + a_{EA}^\tau \\ a_E = a_B + a_{EB}^n + a_{EB}^\tau \end{cases} \quad (14, 15)$$

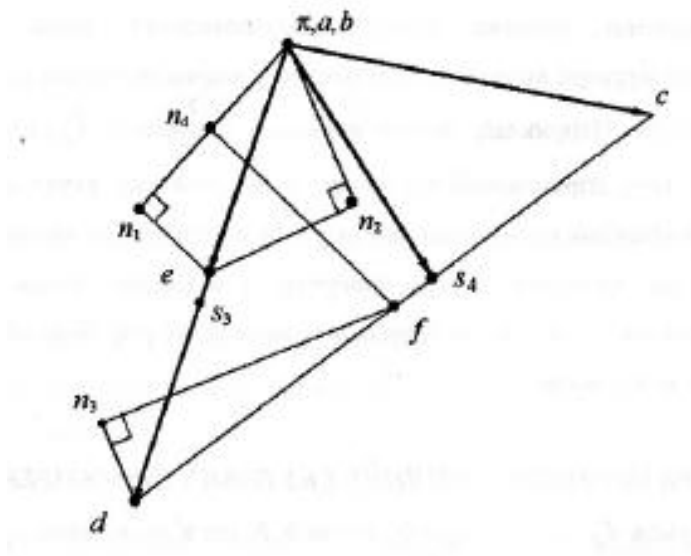
У відповідності до рівняння (14) осі AE ланки 3 з точки π проводимо зображуючий вектор πn_1 , нормальної складової a_{EA}^n прискорення точки E відносно точки A (в напрямку від точки E до точки A), при цьому [1]:

$$(\pi n_1) = \frac{a_{EA}^n}{\mu_a}, \quad a_{EA}^n = \frac{V_{EA}^2}{L_{EA}}; \quad (16)$$

Де L_{EA} - відстань між точками E і A , м;

μ_a - масштабний коефіцієнт плану прискорень

V_{EA} - швидкість точки E відносно точки A , м/с



Мал. 2 План прискорень механізму маніпулятора

Далі через точку n_1 проводимо пряму, перпендикулярну до EA , яка є

лінією дії тангенціальної складової a_{EA}^{τ} . [1]

Аналогічно , за рівнянням (15) з точки b , яка знаходиться в полюсі π , проводимо зображуючий вектор (πn^2) (у напрямку від точки E до точки B), нормальної складової a_{EB}^{τ} прискорення точки E відносно точки B , при цьому [1]:

$$(\pi n^2) = \frac{a_{EB}^n}{\mu_a} ; a_{EB}^n = \frac{V_{EB}^2}{L_{EB}} ;$$

Де L_{EB} - відстань між точками E і B на ланці 6 , м ;

V_{EB} - швидкість точки E відносно точки B , м/с .

Через точку n_2 перпендикулярно до осі EB ланки 6 проводимо пряму , яка є лінією дії тангенціальної складової прискорення a_{EB}^{τ} . [1]

На перетині ліній дії на тангенціальних складових a_{EA}^{τ} і a_{EB}^{τ} отримуємо точку e , яку з'єднуємо з полюсом π . Відрізок (πe) в масштабі μ_a являє собою повне прискорення a_E точки E , [1] тобто

$$a_E = (\pi e) \mu_a .$$

Для визначення кутових прискорень ланок 3 і 6 спочатку визначаємо величини тангенціальних складових прискорень точки E a_{EA}^{τ} і a_{EB}^{τ} .

$a_{EA}^{\tau} = (n_1 e) \mu_a$; $a_{EB}^{\tau} = (n_2 e) \mu_a$, після чого знаходимо величини ε_3 і ε_6 , рад/с² [1]

$$\varepsilon_3 = \frac{a_{EA}^{\tau}}{L_{EA}} ; \varepsilon_6 = \frac{a_{EB}^{\tau}}{L_{EB}} . (17)$$

Для визначення напрямків векторів кутових прискорень ланок використовуємо вектори тангенціальних складових прискорень точки E a_{EA}^{τ} і a_{EB}^{τ} , які переносимо в точку E і розглянемо напрямки відносно повороту ланок 3 і 6 (відносно точок A і B відповідно) . Наприклад , тангенціальну складову a_{EA}^{τ} , яка на плані прискорень зображена вектором $(n_1 e)$, уявно переносимо в точку A [1] (напрямок відносно миттєвого обертання ланки 3 навколо осі , яка проходить через точку A). В даному випадку напрямок обертання ланки 3 співпадає з рухом годинникової стрілки , це означає , що

вектор ε_3 , який розміщується вздовж осі миттєвого обертання ланки 3 в точці A , не співпадає з напрямком осі, тобто він входить в площину малюнка. Аналогічно переносом (n_2e) в точку E визначаємо напрямок кутового прискорення ε_6 . [1]

Положення точки d на плані прискорень визначаємо за співвідношенням

$$\frac{(AE)}{(ae)} = \frac{(AD)}{(ad)} \quad (\text{оскільки точка } D \text{ належить ланці 3, прискорення двох}$$

точок якої (A і E) вже визначенні), з якого

$$(ad) = (ae) \frac{(AD)}{(AE)}.$$

Величина прискорення точки D

$$a_D = (pd)\mu_a. (18)$$

Для визначення прискорення точки F запишемо систему векторних рівнянь руху цієї точки з ланками 4 і 5 відносно точок D і B , прискорення яких нам вже відомі [1]:

$$\begin{cases} a_F = a_D + a_{FD}^n + a_{FD}^t \\ a_F = a_B + a_{FB}^n + a_{FB}^t \end{cases} \quad (19, 20)$$

У відповідності до рівняння (19) паралельно до осі FD ланки 3 з точки d проводимо зображуючий вектор (dn_3) (у напрямку від точки F до точки D) нормальної складової a_{FD}^n прискорення точки F відносно точки D , при цьому

$$(dn_3) = \frac{a_{FD}^n}{\mu_a}; \quad a_{FD}^n = \frac{v_{FD}^2}{L_{FD}}; \quad (21)$$

Де L_{FD} - відстань між точками F і D , m , на ланці 4

V_{FD} - швидкість точки F відносно точки D , m/c .

Через точку n_3 проводимо пряму перпендикулярну до осі FD ланки 4, яка є лінією дії тангенціальної складової прискорення a_{FD}^t [1]

Аналогічно, за рівнянням (19) з точки b , яка знаходиться в полюсі π , проводимо зображуючий вектор (πn_4) , нормальної складової a_{FB}^n прискорення точки F відносно точки B , при цьому

$$(\pi n_4) = \frac{a_{FB}^n}{\mu_A}; \quad a_{FB}^n = \frac{v_{FB}^2}{L_{FB}}.$$

Через точку n_4 перпендикулярно до осі FB ланки 5 проводимо пряму, яка є лінією дії тангенціальної складової прискорення a_{FB}^{τ} . [1]

На перетині лінії дії тангенціальних складових a_{FD}^{τ} і a_{FB}^{τ} знаходимо точку f , яку з'єднуємо з полюсом π . Відрізок (πf) в масштабі μ_a являє собою повне прискорення a_F точки F, [1] тобто

$$a_F = (\pi f) \mu_a.$$

Для визначення кутових прискорень ланок 4,5 спочатку визначаємо величини тангенціальних складових прискорень a_{FD}^{τ} і a_{FB}^{τ}

$$a_{FD}^{\tau} = (n_3 f) \mu_a ; a_{FB}^{\tau} = (n_4 f) \mu_a \quad (22)$$

Після чого величини кутових прискорень ланок визначаємо за формулами :

$$\varepsilon_4 = \frac{a_{FD}^{\tau}}{L_{FD}} ; \varepsilon_5 = \frac{a_{FB}^{\tau}}{L_{FB}} . \quad (23)$$

Для визначення напрямку вектора кутового прискорення ε_4 тангенціальну складову a_{FD}^{τ} прискорення точки F відносно точки D з ланкою 4, яка на плані прискорень зображена вектором $(n_3 f)$, уявно переносимо на схему механізму в точку F і визначаємо напрямок її миттєвого відносного обертання довкола осі в точці D. В даному випадку напрямок цього обертання спрямований проти ходу годинникової стрілки, це означає, що вектор кутового прискорення ε_4 співпадає з напрямком осі миттєвого відносного обертання ланки 4 в точці D, тобто він «виходить з площини малюнка». Аналогічно переносимо вектора $(n_4 f)$ з плану прискорень в точку F на схемі механізму визначаємо напрямок кутового прискорення ε_5 . [1]

Оскільки точка C належить ланці 4 положення двох точок F і D якої на плані прискорень вже знайдено, положення точки C визначаємо за співвідношенням

$$\frac{(FD)}{(fd)} = \frac{(CF)}{(cf)} . \quad (24)$$

Звідси находимо

$$(cf) = (fd) \frac{(CF)}{(FD)}. (25)$$

На продовженні прямої (fd) у відповідності до рівняння (24) відкладаємо відрізок (cf) та з'єднуємо точку C з полюсом плану .

Прискорення точки C [1]

$$a_c = (\pi c) \mu_a. (26)$$

1.3 Кінетостатичне дослідження важільної схеми збалансованого маніпулятора

Зупинимось на особливостях кінетостатичного розрахунку системи маніпулятора за умови вертикального підйому вантажу (рух від гідроприводу отримує точка A , в точку B вважаємо нерухомою) [1].

Вважаємо заданими :

m_B , кг – маса вантажу ,

m_i , кг – маси ланок механізму ,

I_{si} , кг*м² – моменти інерції ланок механізму відносно осей , що проходять через центри мас перпендикулярно до площини руху.

Кінетостатичне дослідження виконуємо по групах Ассура , розпочинаючи з найбільш віддаленої від початку ланок. [1]

Відокремлюємо групу 4-5 (мал. 3) і навантажуюмо її зовнішніми силами і силами інерції , а в точках B і D прикладаємо реакції відкинутих зв'язків . Складаємо і проаналізуємо рівняння рівноваги групи 4-5 у векторному вигляді [1]

$$R_{34}^n + R_{34}^r + F_{i4} + F_{iB} + G_4 + G_B + F_{i5} + G_5 + R_{25}^r + R_{25}^n = 0 (27)$$

У наведеному рівнянні 4 невідомих величини R_{34}^n , R_{34}^r , R_{25}^r , R_{25}^n , тому , попередньо визначимо тангенціальні складові реакцій. Складемо рівняння рівноваги ланки 4 у вигляді суми моментів відносно точки F всіх сил прикладених до ланки сил (пар сил) [1]

$$\sum M_E^{(4)} = 0 ;$$

$$R_{34}^r L_{DF} - F_{i4} h_L \mu_L - G_4 h_2 \mu_L - F_{iB} h_3 \mu_L - G_B h_4 \mu_1 - M_{i4} = 0 (28)$$

Де h_L - плечі сил , прикладених до ланки 4 відносно точки F , м;

M_{i4} - величина головного момента сил інерції на ланці 4 , Н*м;

$$M_{i4} = I_{s4} \varepsilon_4 ;$$

F_{i4} , F_{iB} – величина головних векторів сил інерції ланки 4 і вантажу , Н ,

$$F_{i4} = m_4 a_{s4} ; F_{iB} = m_b a_c ;$$

G_4 , G_B - вага ланки 4 і вантажу , Н

μ_1 – масштабний коефіцієнт кінематичної схеми механізму , м/мм .

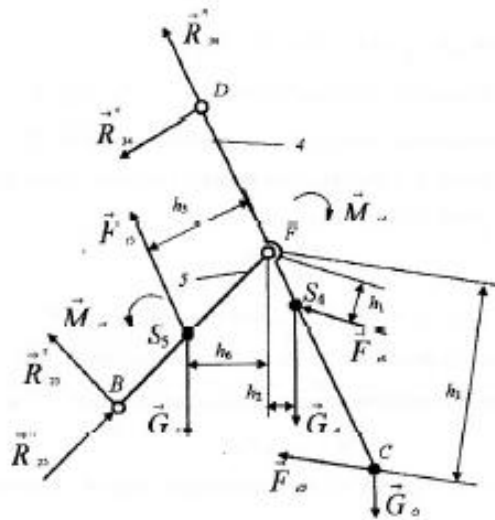
З рівняння (28) визначаємо R_{34}^T

$$R_{34}^T = \frac{F_{i4} h_L \mu_L + G_4 h_2 \mu_L + F_{iB} h_3 \mu_L + G_B h_4 \mu_1 + M_{i4}}{L_{DF}} \quad (29)$$

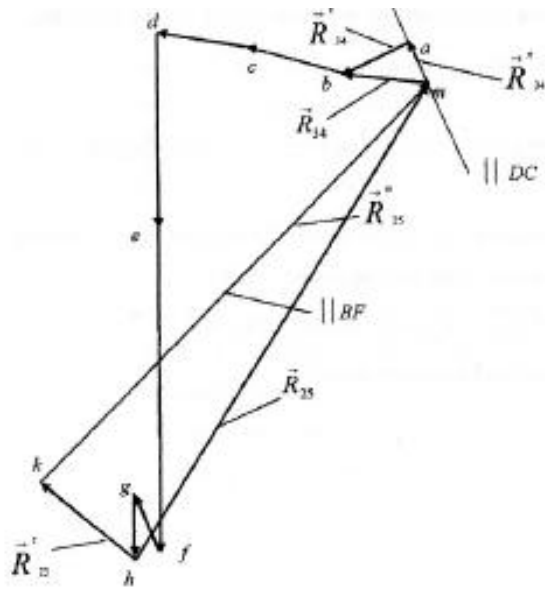
Складаємо рівняння рівноваги ланки 5 у вигляді суми моментів всіх прикладених до ланки сил (пар сил) відносно точки E. [1]

$$R_{25}^T L_{BF} + F_{i5} h_5 \mu_L - G_5 h_6 \mu_L - M_{i5} = 0 , \quad (30)$$

Звідси тангенціальна складова реакції



Мал . 3 Розрахункова схема для структурної групи 4-5



Мал. 4 Силовий багатокутник для групи 4-5

$$R_{25}^{\tau} = \frac{-F_{i5}h_5\mu_L + G_5h_6\mu_L + M_{i5}}{L_{BF}} \quad (31)$$

Якщо після обчислень величини R_{34}^{τ} чи R_{25}^{τ} матимуть знак (-), в такому випадку відповідний вектор на схемі (мал. 4) необхідно повернути в протилежному напрямку. [1]

Далі відповідно рівнянню (27) в масштабі μ_F , Н/мм, будуємо силовий багатокутник групи (4-5), складений із зображуючи векторів

$$(ma) + (ab) + (bc) + (cd) + (de) + (ef) + (fg) + (gh) + (hk) + (km) = 0 \quad (32)$$

В рівнянні (27) невідомими залишались вектори R_{34}^{τ} і R_{25}^{τ} , їм відповідають вектори (ma) і (km), тому побудову силового багатокутника розпочинаємо з відкладання відрізка (ab), тобто з точки a. [1]

Послідовно відклавши всі відомі (за велечиною і напрямом) в рівнянні (32) вектори, проводимо: через точку k – пряму BF, що відповідає лінії дії нормальної складової R_{25}^{τ} , а через точку a – пряму паралельну DC, що є лінією дії R_{34}^{τ} . На перетині цих прямих знаходимо точку m. Тоді нормальні складові реакцій, $R_{25}^{\tau} = (km) \mu_F$, $R_{34}^{\tau} = (ma) \mu_F$. [1]

Враховуючи, що $R_{25} = R_{25}^{\tau} + R_{25}^n$ і $R_{34} = R_{34}^{\tau} + R_{34}^n$, отримуємо результуючі реакції $R_{25} = (hm) \mu_F$, $R_{34} = (mb) \mu_F$. Аналогічно, як і для попередньої групи Ассура (4-5) запишемо умову рівноваги структурної групи (3-6) у векторному вигляді[1]:

$$R_{13}^n + R_{13}^r + F_{i3} + G_3 + R_{43} + F_{i6} + G_6 + R_{26}^r + R_{26}^n = 0 \quad (33)$$

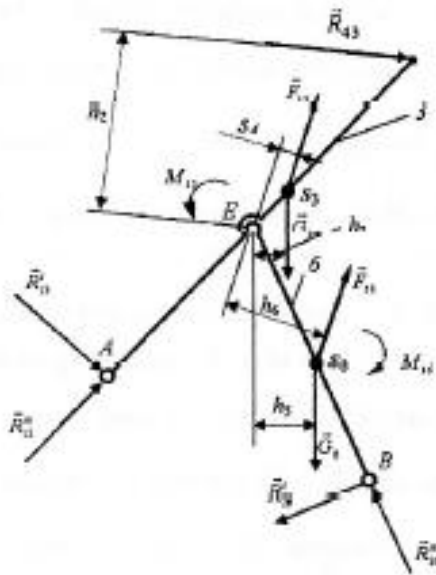
Для визначення величини складової реакції R_{13}^r запишемо умову рівноваги ланки 3 у вигляді суми моментів відносно точки E всіх прикладених до ланки сил (пар сил) [1]

$$\sum M_E^{(3)} = 0$$

$$R_{13}^r L_{AE} + F_{i3} h_1 \mu_L - G_3 h_3 \mu_L - R_{43} h_2 \mu_1 + M_{i3} = 0 \quad (34)$$

$$R_{13}^r = \frac{-F_{i3} h_1 \mu_L + G_3 h_3 \mu_L + R_{43} h_2 \mu_1 - M_{i3}}{L_{AE}}; \quad (35)$$

Аналогічно для визначення R_{26}^r розглянемо рівновагу ланки 6 :



Мал . 5 Схема навантажень структурної групи Ассура (3-6)

$$\sum M_E^{(6)} = 0$$

$$R_{26}^r L_{BE} - F_{i6} h_6 \mu_L + G_6 h_5 \mu_L + M_{i6} = 0 \quad (36)$$

$$R_{26}^r = \frac{F_{i6}h_6\mu_L - G_6h_5\mu_L - M_{i6}}{L_{BE}} \quad (37)$$

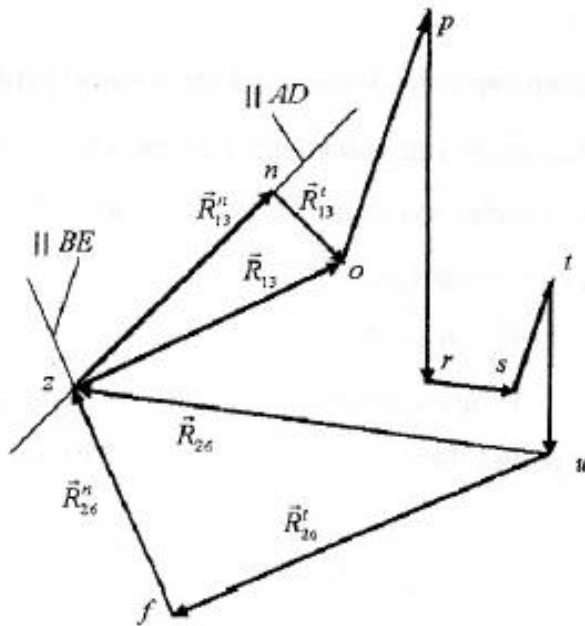
Де h_1 - плечі відповідних сил відносно точки E , мм

Якщо після розрахунків виявиться , що R_{13}^r і R_{26}^r мають знак (-) , напрямки їх векторів необхідно змінити на протилежні . [1]

В масштабі μ_F , Н/мм будуємо силовий багатокутник (мал. 6) відповідно рівнянню (33) , складений із зображуючи векторів :

$$(zn) + (no) + (op) + (pr) + (rs) + (st) + (tu) + (uf) + (fz) + (zn) = 0. \quad (38)$$

Побудову розпочинаємо з вектора (no) , тобто з точки n . Аналогічно попередній групі , через точку f проводимо пряму паралельну до осі BE ланки 6 , а через точку n - пряму паралельну до осі AD ланки 3 . [1]



Мал . 6 Векторний багатокутник сил , що діють на групу (3-6)

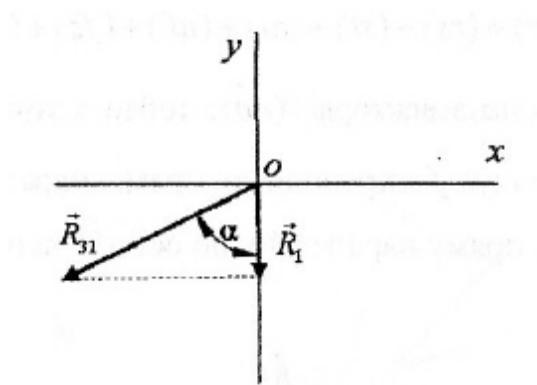
Тоді маємо , Н $R_{26}^n = (fz)\mu_F$; $R_{13}^n = (zn)\mu_F$.

Враховуючи , що $R_{26} = R_{26}^n + R_{26}^r$ і $R_{13} = R_{13}^n + R_{13}^r$,

Результатні реакції $R_{26} = (uz)\mu_F$; $R_{13} = (zo)\mu_F$

Визначаємо зусилля , що передається від ланки 3 на шток гідроциліндра 1 . [1]

З цією метою з векторного багатокутника (мал. 6) знаходимо вектор сил R_{13} . Відповідно 3-му закону Ньютона $R_{31} = -R_{13}$, а це означає , що вектор (zo) в масштабі μ_F , спрямований в протилежному напрямку і буде зусиллям R_{31} . [1]



Мал. 7 Схема до визначення зусилля на шток гідроциліндра 1

Зважаючи на те , що шток гідроциліндра 1 рухається у вертикальному напрямку вздовж осі y , осьове R_1 , що діє на шток визначаємо відповідно до розрахункової схеми (мал. 7) [1]

$$R_1 = R_{31} \cos \alpha \quad (39)$$

В точці В (мал. 1) знаходимо знаходимо результуюче навантаження , яке передається на шток гідроциліндра 2 від ланок 5 і 6 , згідно з векторним рівнянням [1]

$$R_\Sigma = R_{52} + R_{62} \quad (40)$$

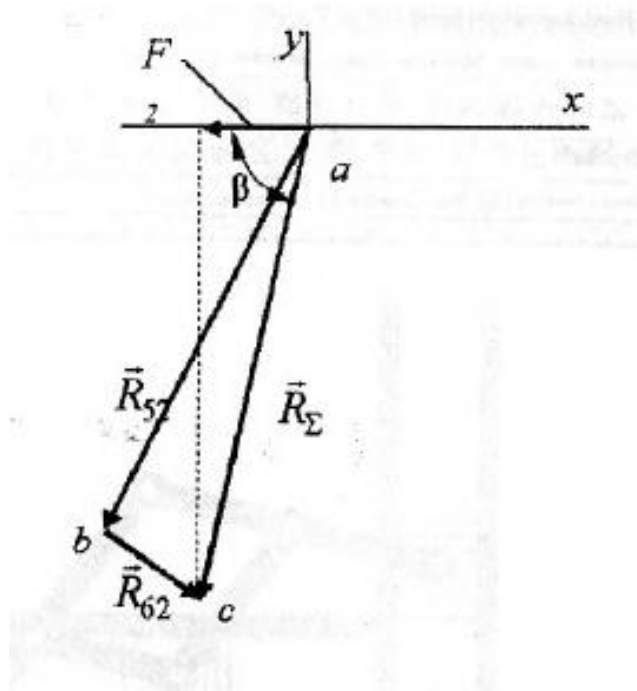
Зважаючи на те , що шток гідроциліндра 2 розташований горизонтально (взовж осі абсцис) , а результуюча сила від ланок 5,6 спрямована до осі ax

під деяким кутом β , осьове зусилля, на штоку циліндра 2 без врахування тертя визначаємо за формолою . [1]

$$F_2 = R_{\Sigma} \cos \beta . (41)$$

Розрахункова схема наведена на мал. 8

Аналогічно виконують розрахунок за умови переміщення повзуна 2 .



Мал. 8 Схема до визначення зусилля на штоку гідроциліндра 2

В завданнях на курсовий проект, відповідно до наведеної методики, доцільно розв'язати задачу кінематичного і силового аналізу механізму маніпулятора в діапазоні робочої зони обслуговування, визначити дискретні значення осьових навантажень на штоки 1 і 2 в цьому діапазоні, за максимумами цих навантажень вибрати гідроциліндри та інші елементи приводу. З цією метою раціонально застосовується метод жорсткого важеля Жуковського. [1]

На мал. 9 наведено робоче вікно програми візуалізації та дослідження виконавчого пристрою збалансованого маніпулятора, реалізованого в середовищі TFlex. Програма надає можливість моделювання руху ланок

відповідно до заданого руху початкових ланок (повзунів) маніпулятора в ручному , а також в автоматичному режимі за заданими аналітичними залежностями . Передбачено задання розмірів ланок , а також синхронна побудова планів швидкостей і прискорень відповідно до положень механізму. [1]

Розділ 3 Конструкторський розділ

3.1 Конструкторський розділ

Верстат (рис. 2.1) складається з мотор-шпиндель верстата 1 встановлено на рухомій платформі 8.

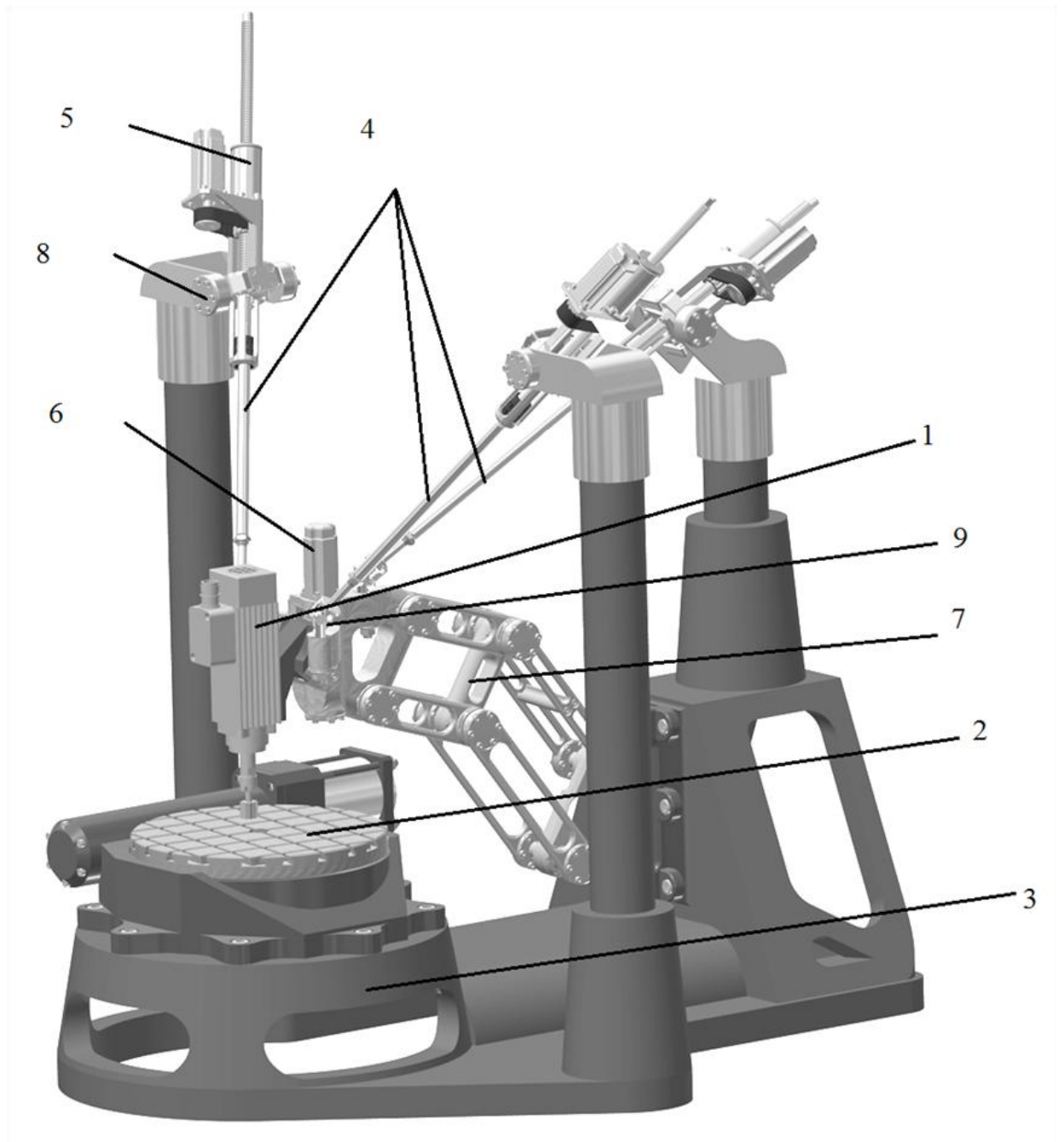


Рис. 2.1 багато координатний верстат

Переміщення платформи забезпечують три штанги змінної довжини 4. Верхній кінець штанги 4 встановлений у приводі лінійного переміщення 5 який забезпечує зміну довжини штанги. [2]

Привод 5 за допомогою універсального шарніру 9 закріплений на стійці станини 3. Нижній кінець штанги 4 за допомогою шарніру 10 прикріплений до платформи 8. [2]

. Пантограф забезпечує постійне вертикальне положення осі платформи. Нижня частина механізму пантографу 7 приєднана до станини 3 з можливістю обертання в площині перпендикулярній до осі платформи.

На платформі встановлено механізм повороту осі мотор-шпинделя 6, який забезпечує нахил цієї осі відносно осі платформи.

Заготовка, що обробляється встановлюється на поворотному столі 2. [2]

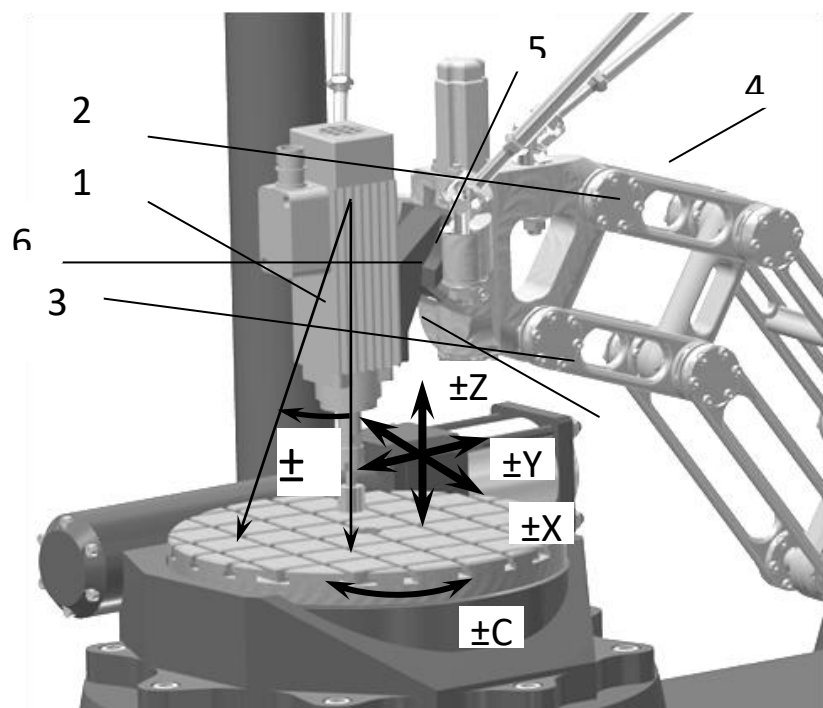


Рис. 2.2 Система формоутворення верстата

Рис. 2.2. складається із пантограф підтримує положення осі шпинделя 1 в постійному вертикальному положенні. Якщо пантограф встановлено в номінальному положенні то вісь підтримується в строго вертикальному положенні. Кут розвороту φ осі шпинделя може змінюватись. Спеціальний механізм може розвертати важелі 2 та 3 на яких кріпляться опори 6, 5 обертання важелів механізму пантографа 4. Зміна кута відносного нахилу одного важеля відносно іншого змінює кут нахилу осі шпинделя. [2]

Маємо керовані координати лінійних переміщень $\pm X, \pm Y, \pm Z$. Ці переміщення забезпечують приводи штанг. Керована координата кутового положення стола $\pm C$ забезпечується приводом обертання стола. Керована координата кута нахилу осі шпинделя φ_x . [2]

Привід який обертається за $\pm C$ і забезпечує обертання заготовки .

Рис. 2.3 складається з:

1. Пантограф
2. Станина
3. Рухома платформа
4. Універсальний шарнір

Платформа 3 прикріплена до верхньої частини механізму пантографа 1. Пантограф забезпечує постійне вертикальне положення осі платформи. Нижня частина механізму пантографу 7 приєднана до станини 2 з можливістю обертання в площині перпендикулярній до осі платформи. [2]

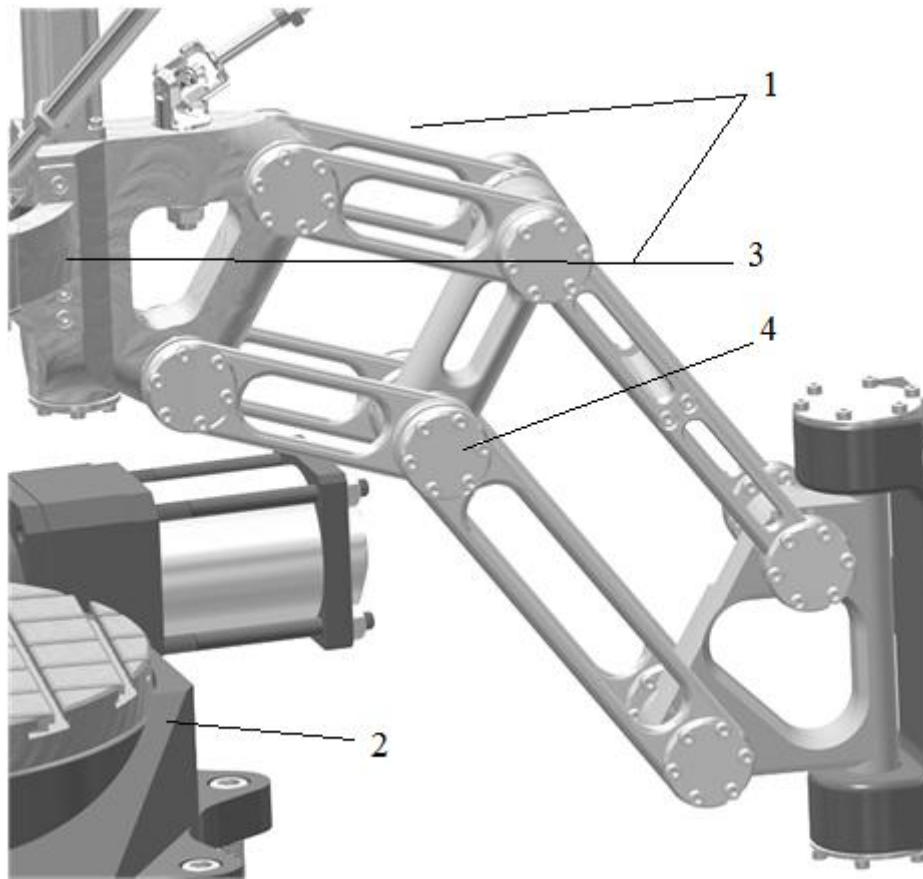


Рис. 2.3 Пантограф

Рис. 2.4 складається з :

1. Поворотній стіл
2. Універсальний шарнір
3. Мотор-шпиндель
4. Пантограф
5. Шарнір
6. Штанги(змінної довжини)
7. Механізм повороту

Мотор-шпиндель або інакше званий Електрошпинделі - це шпиндель, що володіє поєднаною конструкцією вала і двигуна. Поєднаний з валом електродвигун історично вперше з'явився на внутрішньошліфувальних і свердлильних верстатах, де потрібні великі обороти при малих діаметрах інструменту. [6]

Мотор-шпиндель або інакше званий Електрошпинделі - це шпиндель, що володіє поєднаною конструкцією вала і двигуна. Поєднаний з валом електродвигун історично вперше з'явився на внутрішньошліфувальних і свердлильних верстатах, де потрібні великі обороти при малих діаметрах інструменту. [6]

Мотор-шпиндель підключається до частотного перетворювача, за допомогою якого асинхронний двигун розкручує до необхідної частоти і, відповідно, потрібних обертів вала. [6]

Мотор-шпинделі мають 2 типу охолодження: рідинне (при рідинному охолодженні охолоджуюча рідина циркулює під тиском всередині корпусу по спеціально відведених каналах); повітряне (може бути реалізовано за допомогою охолоджуючого вентилятора на задній частині шпинделя або ж за допомогою повітряного потоку від пневматичної системи). Рідинна потрібна для ефективного відводу тепла з невеликого і високонавантаженого двигуна і там, де дуже багато агресивного пилу і бризки рідини. [6]

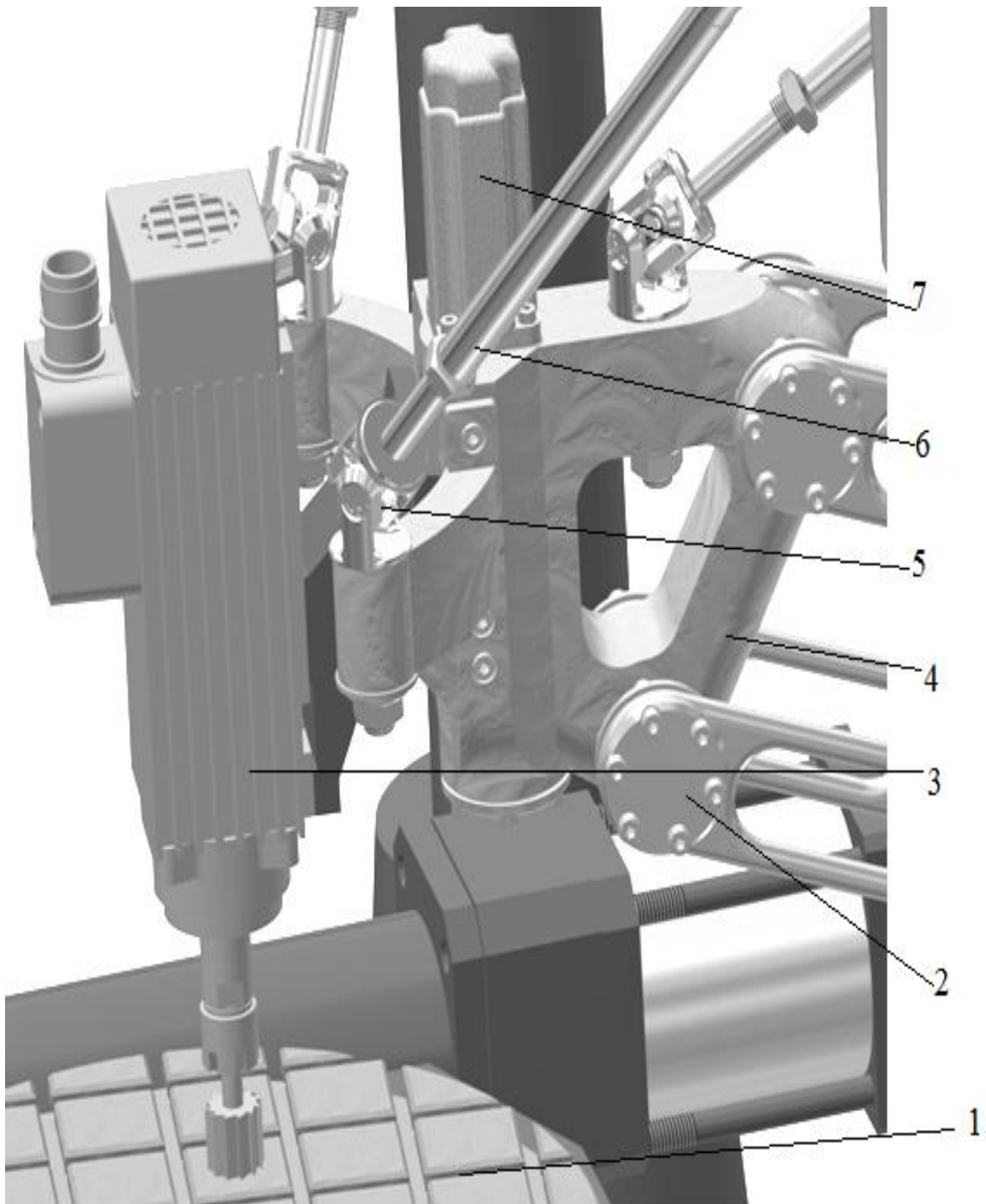


Рис. 2.4 Мотор-шпиндель

Рис. 2.5 складається із оброблювальної заготовки (на рисунку не показана) яка кріпиться на столі. Привідні штанги 7 кріпляться до рами 1,2 за допомогою універсальних шарнірів 3,4. Висувна частина штанги кріпиться до шпиндельного блоку 6 за допомогою кульових шарнірів 5. [2]

Загальний вигляд механізму приводу верстату (3-х вимірний модель створена за допомогою системи автоматизованого проектування) представлено на рис. 2.2) [2]

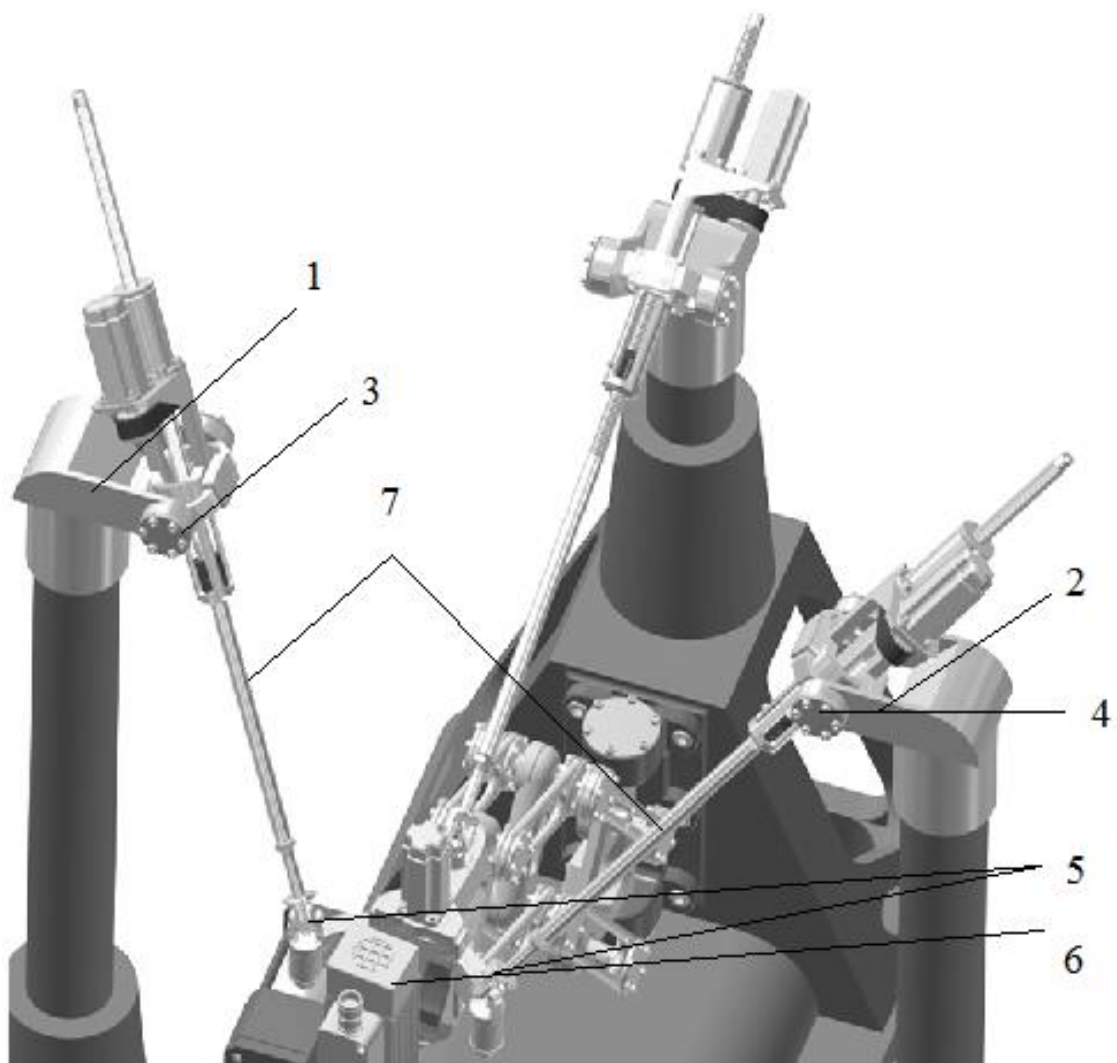


Рис. 2.5

Привод складається з штанги 1 (рис. 2.6) що може переміщуватись відносно механізму привода 2 в осьовому напрямку. Переміщення здійснюється по кулькових напрямних 4 закріплених на штанзі 1 . На штанзі 1 закріплено корпус передачі гвинт-гвинт 3. Ходовий гвинт за рахунок якого здійснюється переміщення встановлено на опорі обертання

в корпусі штанги 1. На ходовому гвинті встановлено карданний підвіс. Шків зубчато - пасової передачі встановлено на вихідному валу передачі гвинт-гвинт-гайка, другий шків обертається на валу крокового електродвигуна. [2]

Привод подачі обертового моменту на ходовий гвинт представлено на рис 2.7.

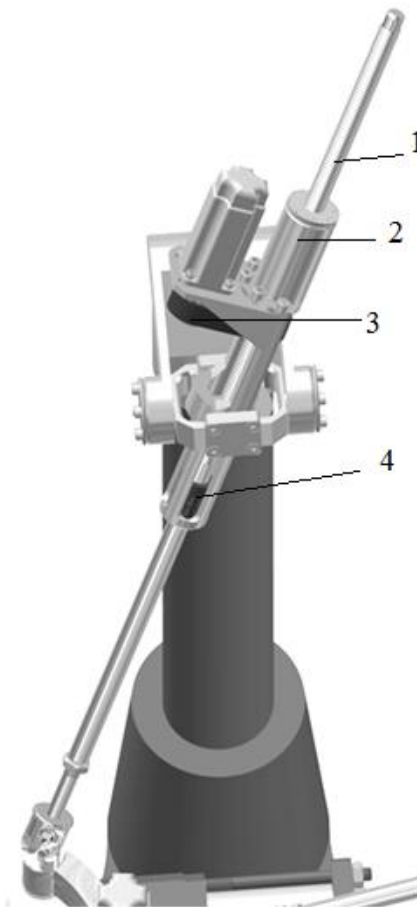


Рис. 2.6

На рис. 2.7 показана конструкція напрямних відносного переміщення штанг представлено на рис 2.6.

Планетарна передача гвинт-гвинт-гайка кочення з різьбовими роликами. Загальний вигляд планетарної передачі показано на рис. 2.8. Її основними елементами є гайка 1 та гвинт 2 з багатозахідною різьбою спеціального профілю та різьбові ролики-сателіти 3, розміщені між гвинтом та гайкою. [2]

Ця передача належить до перетворних типових механізмів МС і забезпечує, як правило, перетворення обертального руху у поступальний. Однією з важливих вимог до приводів ланок МС є забезпечення рівномірності руху ланок і точності їх встановлюваль переміщень. Основні напрями розв'язання цієї задачі зниження тертя в елементах привода, зменшення залежності коефіцієнта тертя від швидкості, усунення зазорів у кінематичному ланцюгу, підвищення жорсткості привода. [5]

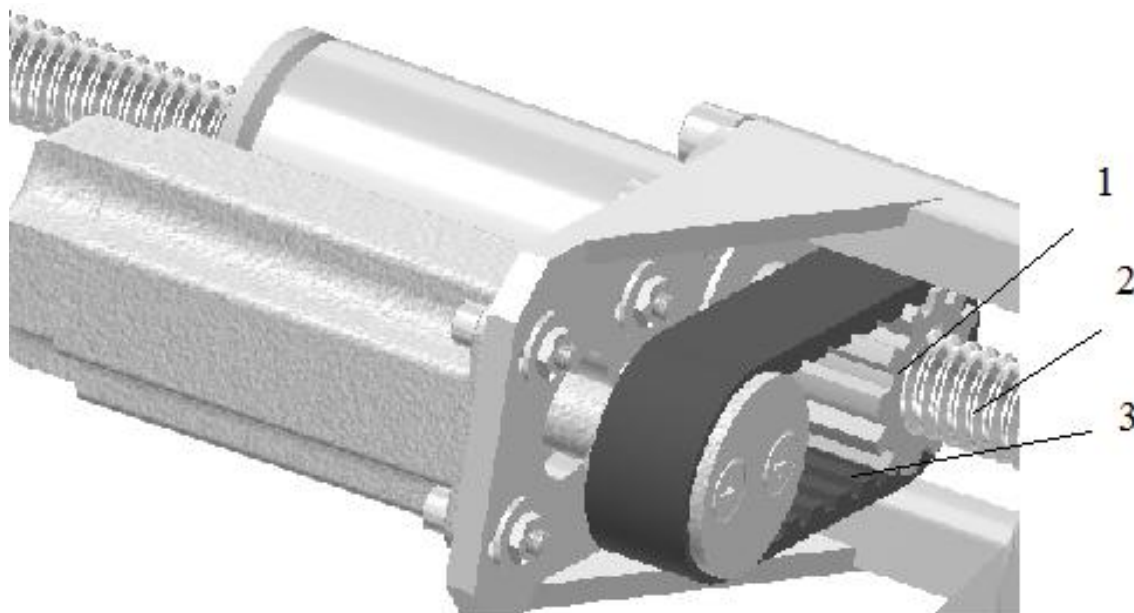


Рис 2.7 Передача обертового моменту на ходовий гвинт

На (рис 2. 8) показано, що на поверхні роликів нарізана одно західна різьба 3 трикутного спеціального профілю, який має в осьовому перерізі форму дуг кола радіуса R . Так забезпечується контакт роликів з гайкою 4 та гвинтом 2 в точці. [2]

До країв гайки прикріплені зубчасті вінці 5 (рис. 2.10), які знаходяться в зачепленні із зубчастими вінцями, нарізаними на кінцях роликів. Вони забезпечують кінематичний зв'язок роликів з гайкою, та зменшують проковзування у передачі і виключають перекошування осей роликів в роботі. [2]

При обертанні гвинта, ролики обкочуються по різьбовій поверхні гайки. Кути підйому різьби роликів, гайки і гвинта підібрані так, що ролики при обкочуванні не вигвинчуються з гайки та в той же час гайка разом з роликами переміщується вздовж осі гвинт. [2]

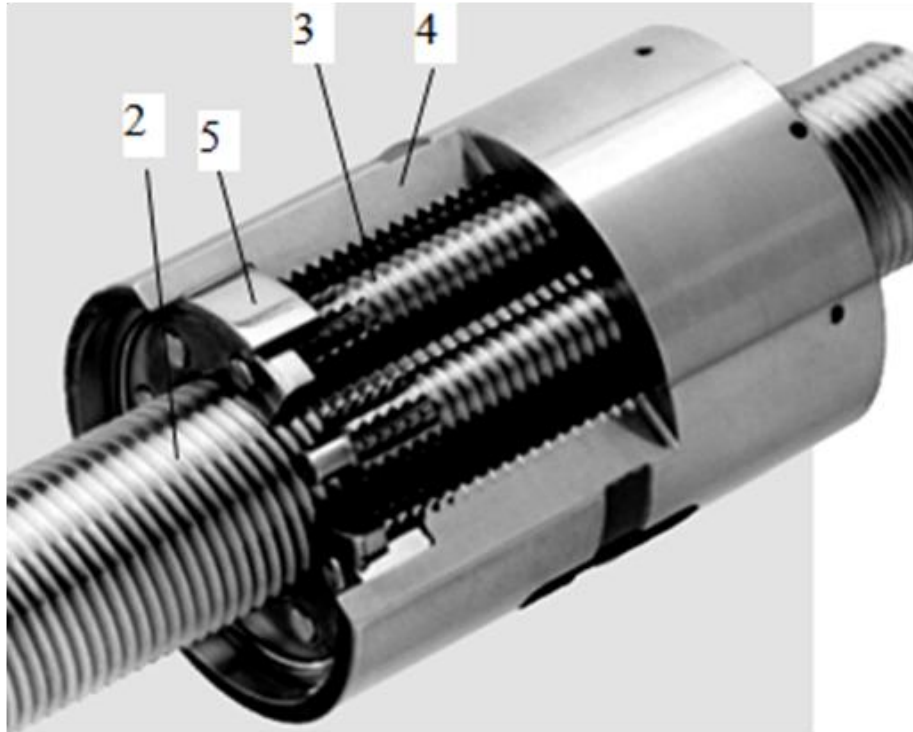


Рис. 2. 8 Ролико-гвинтова передача з планетарними роликами

На рис. 2.9 показані лінійні напрямні повинні бути максимально адаптованими до точного відповідності різним вимогам до застосування. Широкоорієнтовані лінійні направляючі складаються з лінійних шарикопідшипників та профілів рельєфних напрямних з рециркуляцією кульових або роликівих і практично необмеженим осьовим рухом. Крім того, прецизійні залізничні напрямні з постійним контактним елементом керування мають найвищу точність[4]

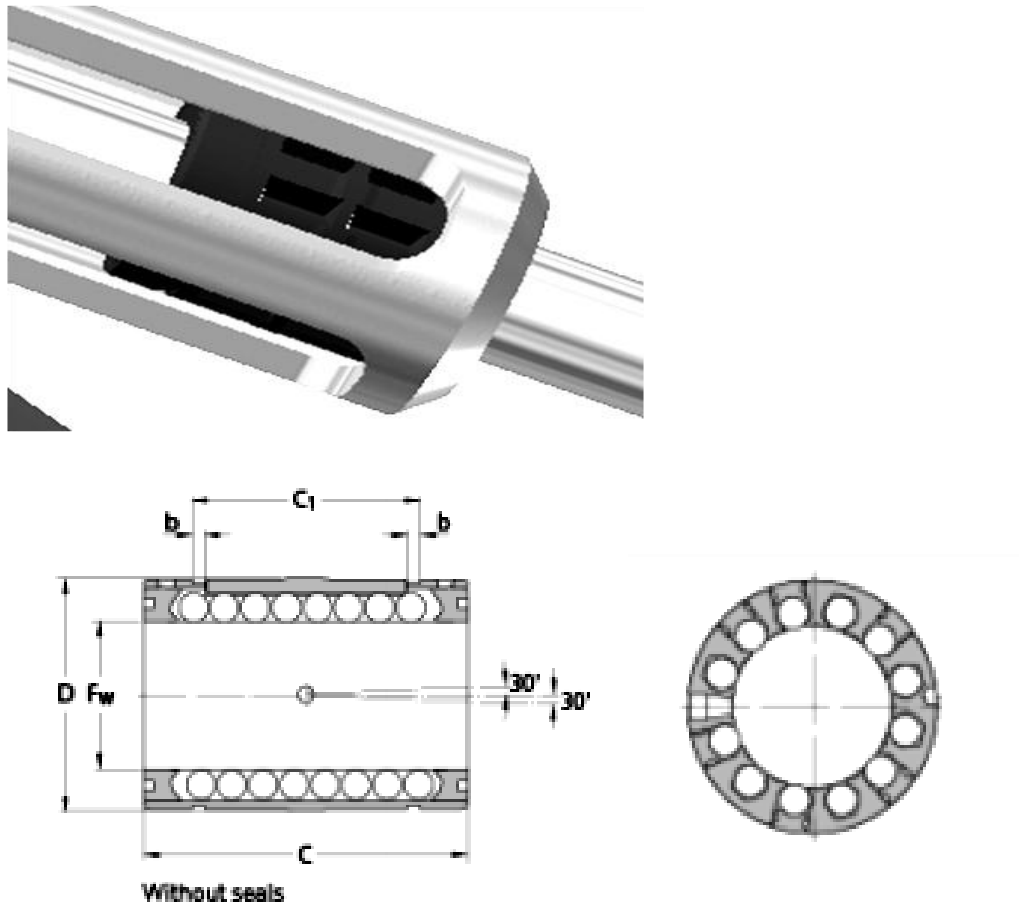


Рисунок 2.9 Лінійні напрямні переміщення штанг

F_w (mm)	12	C_{max} (N)	1080
D (mm)	22	C_{0min} (N)	530
C (mm)	32	C_{0max} (N)	815
C_1 (mm)	-	v_{max} (m/s)	5
b (mm)	1.3	a_{max} (m/s ²)	100
Ball rows(#)	6	Weight(kg)	0.022
C_{min} (N)	800		

На рис. 2.10 позначено :

1. Поворотній стіл
2. Станина

Заготовка, що обробляється встановлюється на поворотному столі 1.

Нижня частина механізму пантографу приєднана до станини 3 з можливістю обертання в площині перпендикулярній до осі платформи.

Керована координата кутового положення стола $\pm C$ забезпечується приводом обертання стола. [3]

Поворотні столи будь-якого типу для фрезерного верстата є одним з головних елементів для металообробної установки. Вони грають важливу роль в конструкційній жорсткості агрегату, оскільки стіл можна назвати головним обладнанням для фрезерування. [3]

Функція будь-якій площині поворотного механізму працює за допомогою ручного управління або з ЧПУ, зводиться до зручного для обробки розташуванню на ній фрезерних виробів. Чим більше площа пристрої для верстата, тим практичніше і зручніше виконується робота. [3]

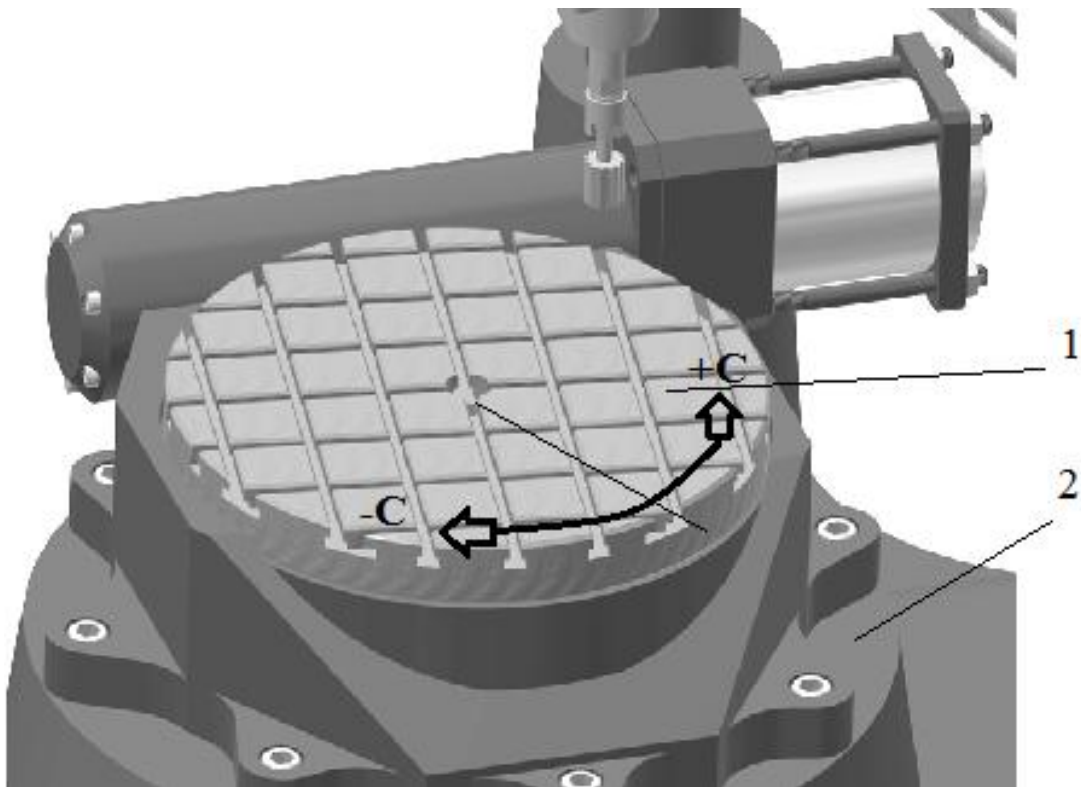


Рис. 2.10 Поворотній стіл

3.2 Кінематичні залежності механізму

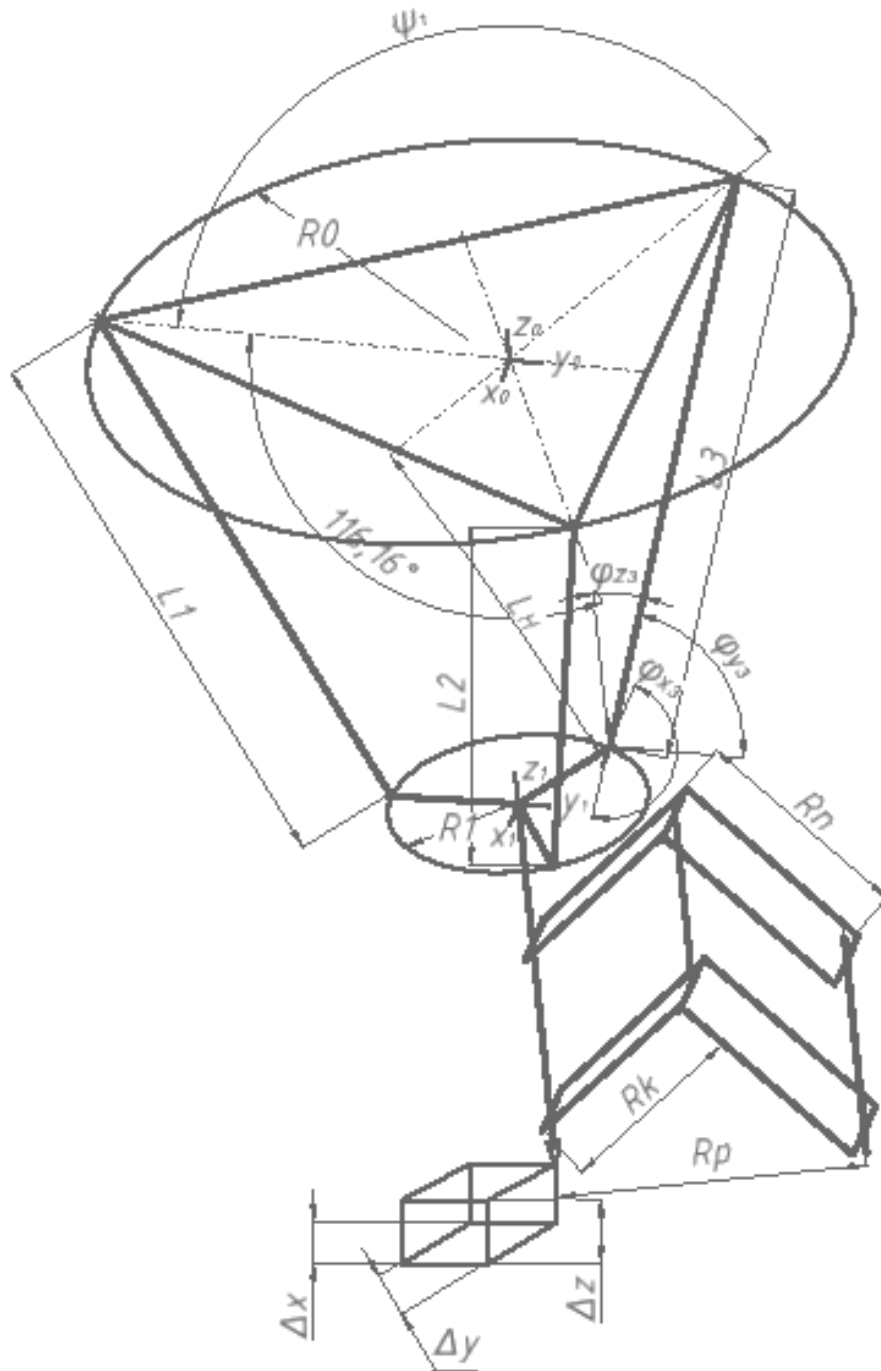


Схема визначення кінематичних залежностей механізму

З наведеної схеми можливо визначити залежності переміщення штанг механізму L_1, L_2, L_3 як функцій поточних координат переміщення робочого органу $\Delta x, \Delta y, \Delta z$ і кутів нахилу штанг механізму відносно системи координат зв'язаної з кінцем шпинделя x_1, y_1, z_1 .

інематичні залежності механізму при заданій траєкторії робочого органа у вигляді кола.

У механізмі з паралельною структурою при переміщенні робочого органа по колу мінімальний діапазон зміни довжини є у штанги 2, а максимальний у штанги 3, різниця переміщень штанг механізму мінімальна.

При лінійній траєкторії руху найменше переміщення будуть мати штанги 1, 3, а найбільші переміщення у штанги 2.

Прямі кінематичні залежності переміщення робочого органа при переміщенні штанги при незмінній довжині інших двох

Найбільше переміщення робочого органа механізму при переміщенні 1-ї штанги спостерігається по осям X та Z, зміна кутів ро-

бочого органа невелика, можна спостерігати, що максимальне переміщення по осі X буде при зміні довжини 1-ї та 2-ї штанг.

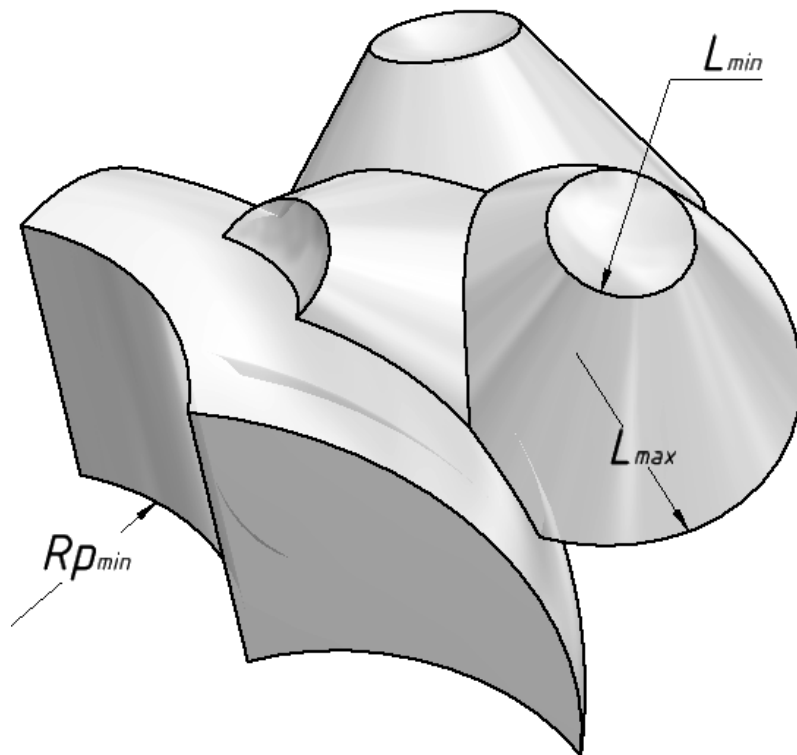


Рис. Формування робочого простору механізму

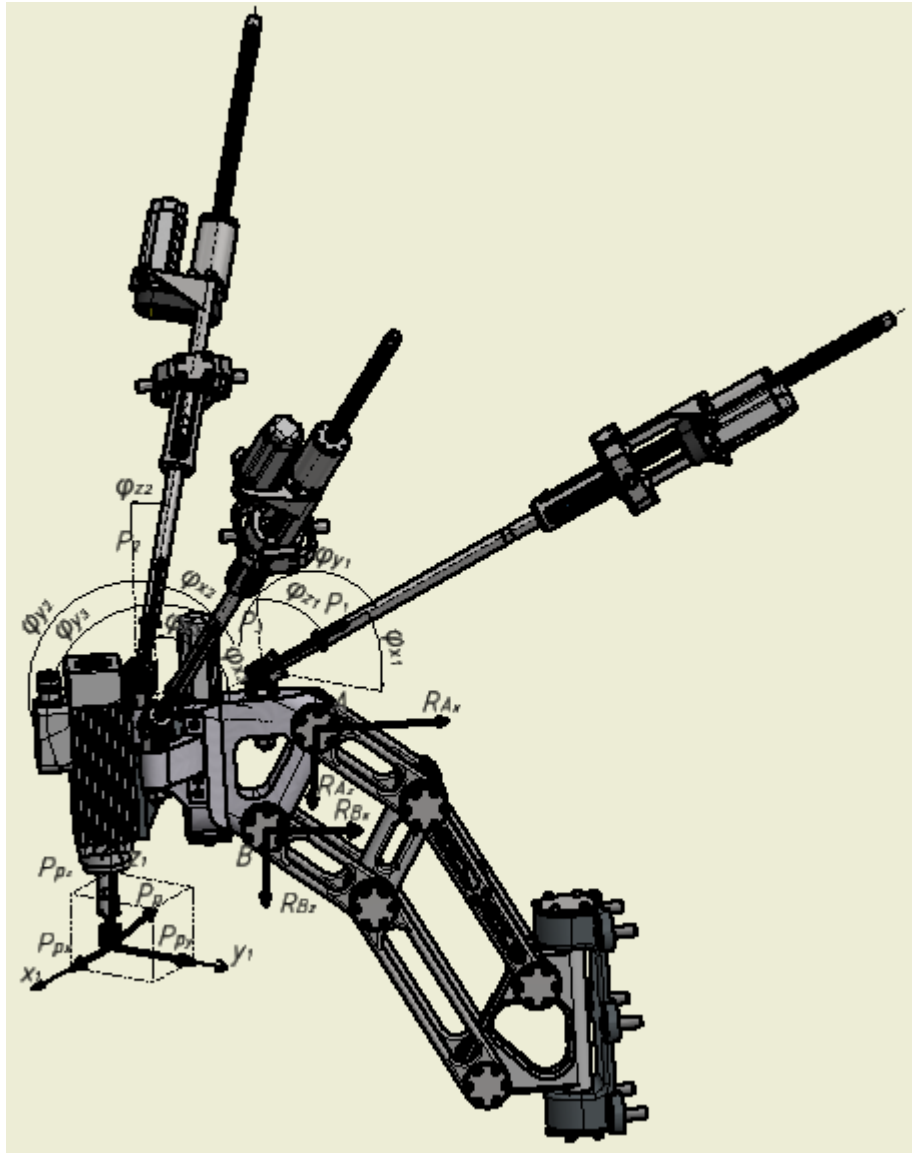


Рис. Схема для визначення навантажень у приводах верстату

Запишемо рівняння рівноваги системи:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^3 \bar{P}_i + \bar{F} = 0 \\ \sum_{i=1}^3 \bar{M}_i + \bar{M} = 0 \end{cases}$$

Де $\bar{F} = [P_x, P_y, 0, 0]^T$ - головний вектор системи зовнішніх навантажень

$\bar{M} = [M_x, M_y, 0, 0]^T$ – головний момент системи зовнішніх навантажень,

Або в розгорнутому вигляді

$$\begin{cases} P_x + \sum_{i=1}^3 Kr_i (\delta_x \cdot \cos \varphi_i + \delta_y \cdot \sin \varphi_i) \cdot \cos \varphi_i = 0 \\ P_y + \sum_{i=1}^3 Kr_i (\delta_x \cdot \cos \varphi_i + \delta_y \cdot \sin \varphi_i) \cdot \sin \varphi_i = 0 \\ M_x + \sum_{i=1}^3 K_{ni} \cdot (\alpha \cdot \cos \varphi_i + \beta \cdot \sin \varphi_i) \cdot \cos \varphi_i = 0 \\ M_y + \sum_{i=1}^3 K_{ni} \cdot (\alpha \cdot \cos \varphi_i + \beta \cdot \sin \varphi_i) \cdot \sin \varphi_i = 0 \end{cases}$$

Розв'язок цієї системи рівнянь дасть значення малих зміщень і поворотів $(\delta_x, \delta_y, \alpha, \beta)$ заготовки при дії комбінованого навантаження (P_x, P_y, M_x, M_y) .

У загальному вигляді ця система має вигляд:

$$[K] \cdot \bar{\Delta} = \begin{bmatrix} \bar{P} \\ \bar{M} \end{bmatrix},$$

Де $\bar{\Delta} = [\delta_x, \delta_y, \alpha, \beta]^T$ - вектор узагальнених зміщень.

$$\begin{bmatrix} \bar{P} \\ \bar{M} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_x \\ P_y \\ M_x \\ M_y \end{bmatrix}$$

Далі знаходимо залежності зусиль в приводах переміщення штанг..

$$P_x = \left[\delta_x \sum_{i=1}^3 Kr_i \cdot \cos^2 \varphi_i + \delta_y \sum_{i=1}^3 Kr_i \cdot \sin \varphi_i \cos \varphi_i \right]$$

$$P_y = \left[\delta_x \sum_{i=1}^3 Kr_i \cdot \sin \varphi_i \cos \varphi_i + \delta_y \sum_{i=1}^3 Kr_i \cdot \sin^2 \varphi_i \right]$$

Ці зусилля визначасмо з рівнянь моментів

$$\begin{cases} M_x = \sum_{i=1}^3 K_{ni} \cdot (\alpha \cdot \cos \varphi_i + \beta \cdot \sin \varphi_i) \cdot \cos \varphi_i \\ M_y = \sum_{i=1}^3 K_{ni} \cdot (\alpha \cdot \cos \varphi_i + \beta \cdot \sin \varphi_i) \cdot \sin \varphi_i \end{cases}$$

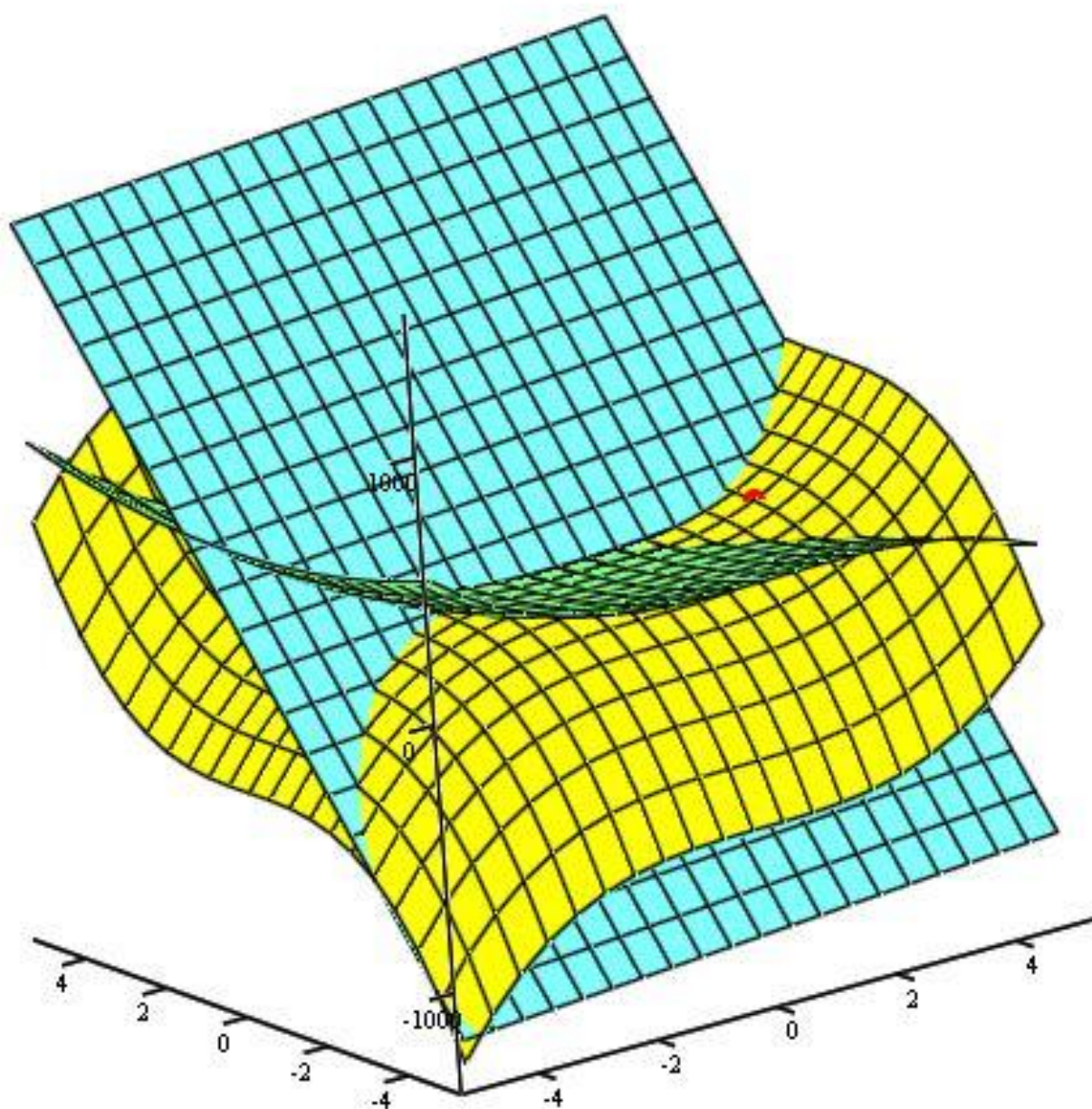


Рис. Рациональне значення відношення R0 до R1

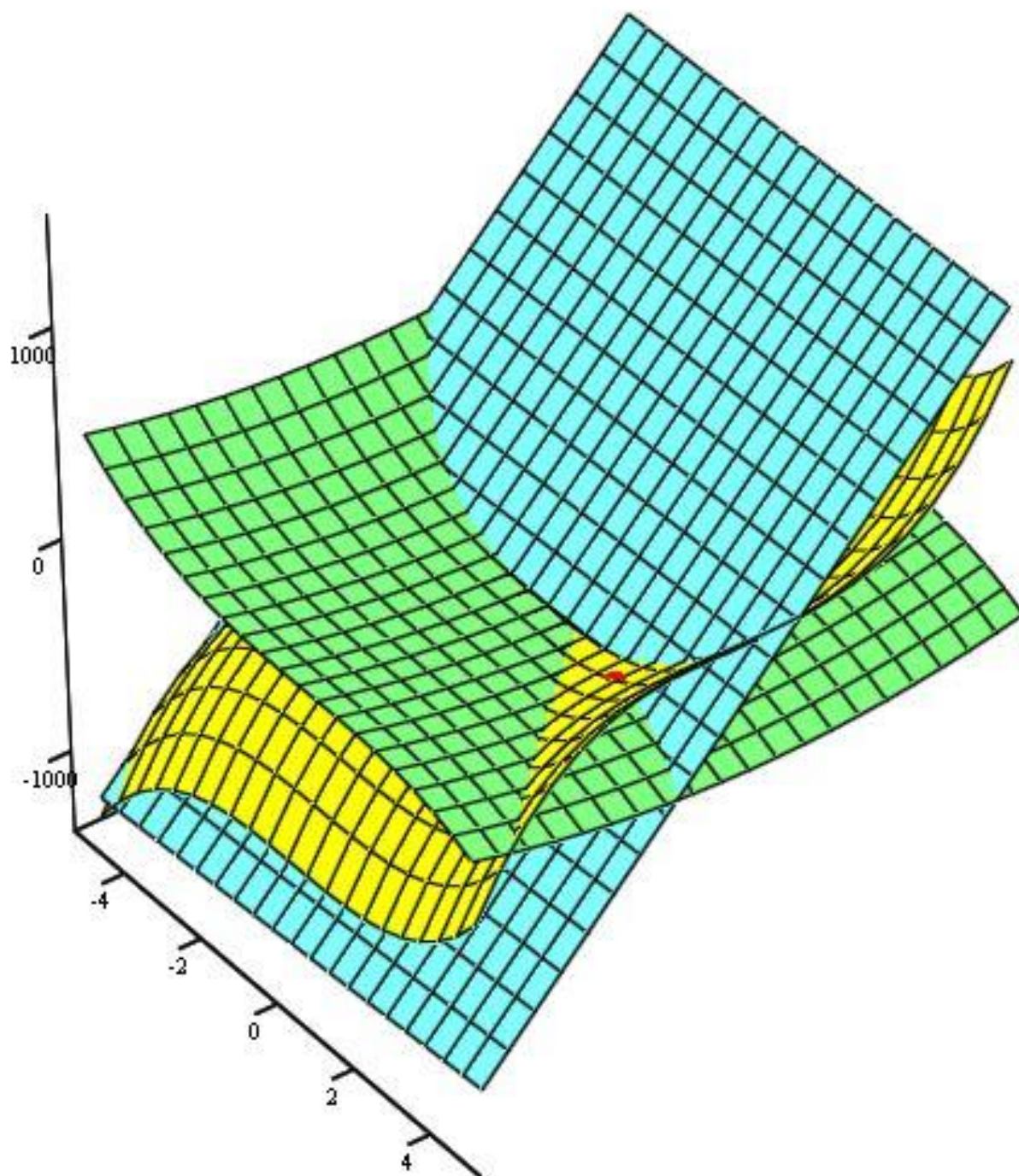


Рис. Раціональне значення довжини штанги L1, L2, L3

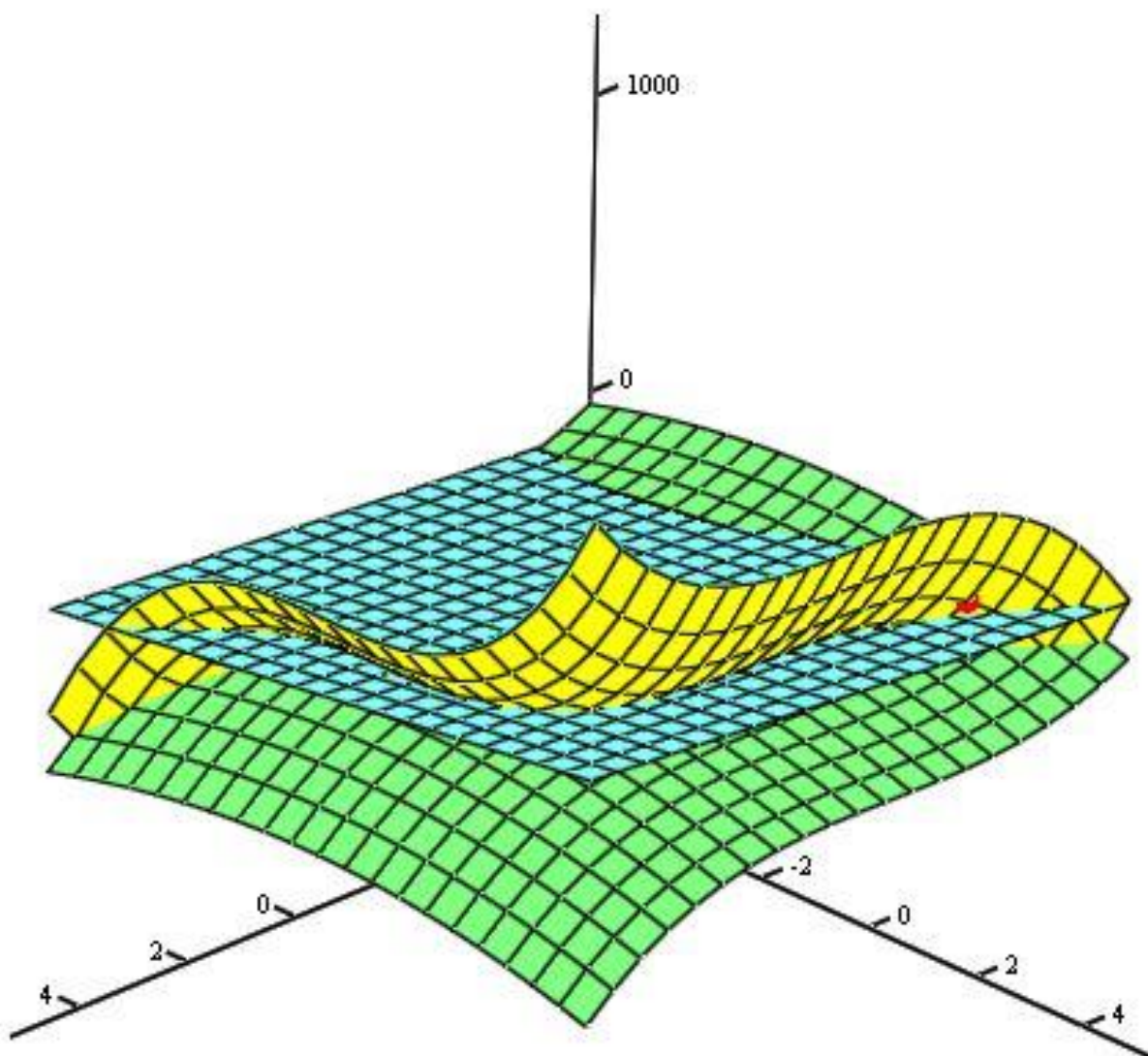


Рис. Раціональні значення діаметра планшайби поворотного столу (керована координата С)

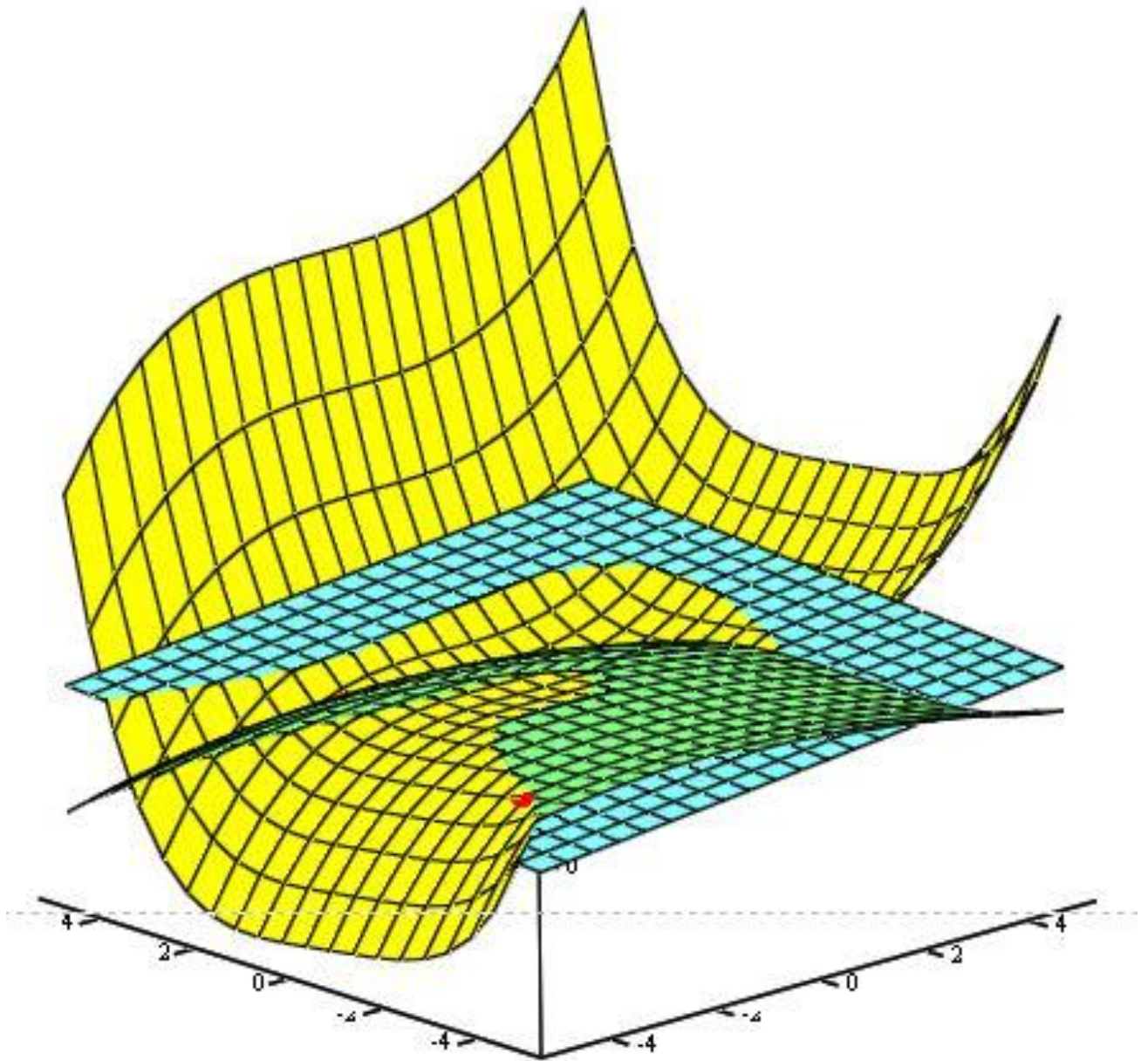


Рис. Раціональне значення відношення довжини важелів механізму пантографа

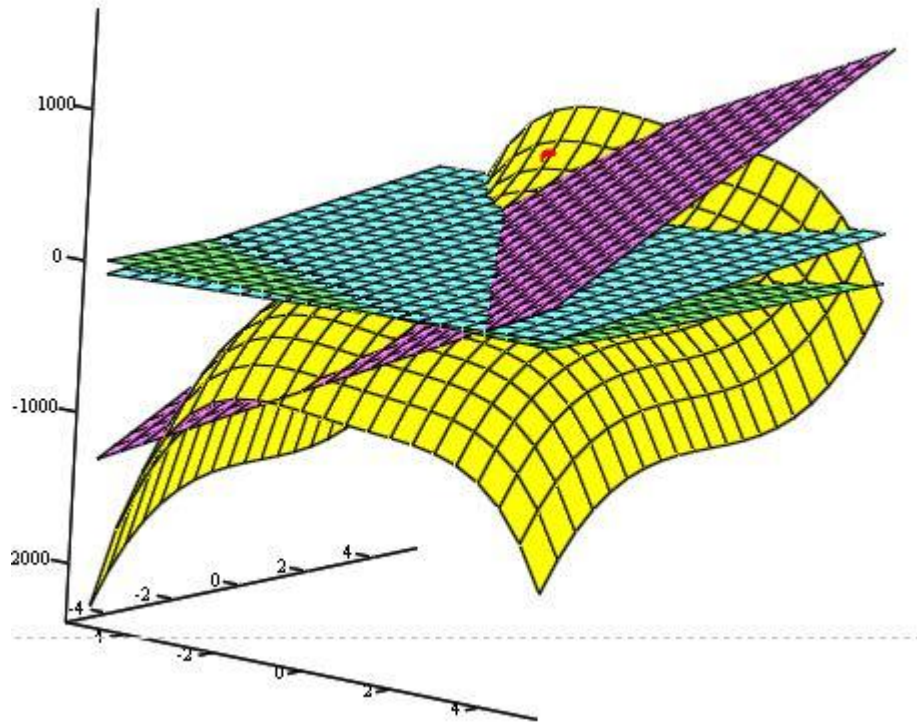


Рис. Раціональне значення відстані від осі повороту механізму пантографа до осі поворотного столу

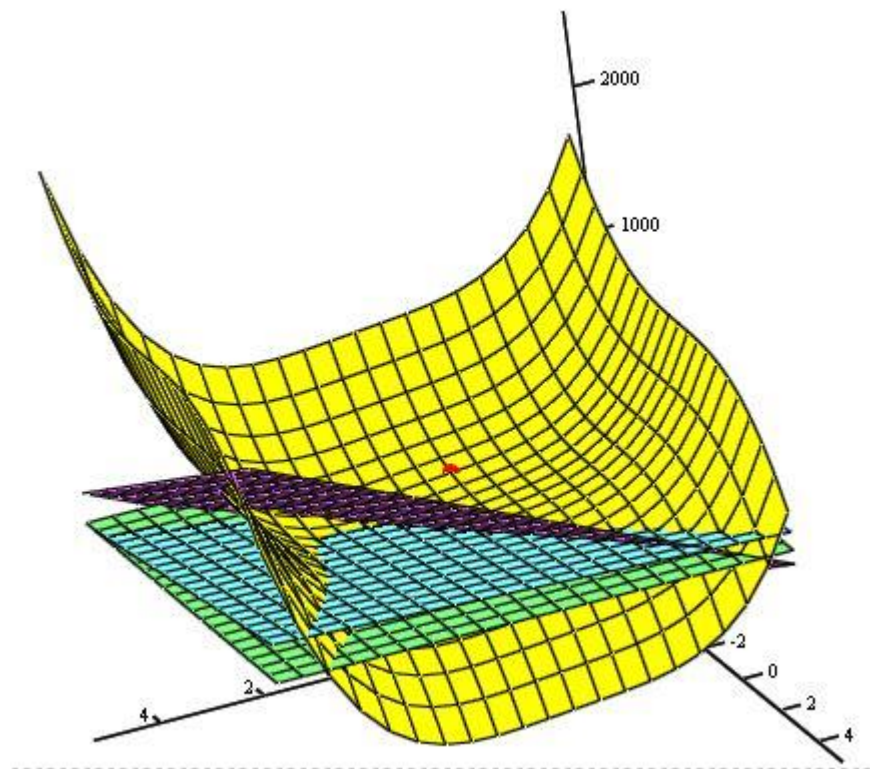


Рис. Раціональне значення плеча вильоту осі обертання мотор-шпинделя

Розділ 4 . Стартап проект

1.1) Опис ідеї проекту (товару, послуги, технології)

Таблиця 1. Опис ідеї стартап-проекту

<i>Зміст ідеї</i>	<i>Напрямки застосування</i>	<i>Вигоди для користувача</i>
Суть ідеї полягає в розробці багатокординатного верстата з паралельними кінематичними структурами	Металорізальні верстати	Значно спрощується технологічний процес, прискорюється і дає фінансову вигоду

2).

Таблиця 2. Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

<i>n/</i> <i>n</i>	<i>Техніко-економічні характеристики ідеї</i>	<i>(потенційні товари/концепції конкурентів)</i>				<i>W (слабка сторона)</i>	<i>N (нейтральна сторона)</i>	<i>S (сильна сторона)</i>
		<i>Мі проект</i>	<i>Ко нкурент1</i>	<i>Ко нкурент2</i>	<i>Ко нкурент3</i>			
.	Постачальник	+	-	-	-	---	---	+
.	Покупці	+	-	-	-	---	---	+

2) Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Визначення ринкових можливостей, які можна використати для ринкового впровадження проекту, та для ринкових загроз.[16]

2.1) Спочатку проводиться аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку (табл. 4).

Таблиця 3. Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

<i>n/ n</i>	<i>Показники стану ринку (найменування)</i>	<i>Характеристика</i>
	Кількість головних гравців, од	7
	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	863 000
	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	----
	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	----
	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	75 %

Середня норма рентабельності в галузі порівнюється із банківським відсотком на вкладення. За результатами аналізу таблиці робиться висновок щодо того, чи є ринок привабливим для входження за попереднім оцінюванням. [16]

2.2) Надалі визначаються потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формується перелік вимог (табл. 5). [16]

**Таблиця 4. Характеристика потенційних клієнтів
стартап-проекту**

<i>n/n</i>	<i>Потреба, що формує ринок</i>	<i>Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)</i>	<i>Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів</i>	<i>Вимоги споживачів до товару</i>
	Базова потреба, яку задовольняє товар (згідно концепції потенційного товару)	Визначити потенційні цільові групи клієнтів, що можуть бути зацікавлені у задоволенні означеної потреби	Вписати фактори, що формують поведінку клієнта (стандарти, технічні регламенти, інші фактори цінового та нецінового характеру) та особливості купівлі та експлуатації товару	- до продукції - до компанії-постачальника

2.3) Після визначення клієнтів проводиться аналіз ринкового середовища.[16]

Таблиця 5. Фактори загроз

<i>n/n</i>	<i>Фактор</i>	<i>Зміст загрози</i>	<i>Можлива реакція компанії</i>

	Фінансування	Невчасність фінансування	Випускання із запізненням верстат
	Малі підприємства	Невизначеність щодо спроможності малих підприємств до покупки ТП	Банкротство

Таблиця 6. Фактори можливостей

<i>n/n</i>	<i>Фактор</i>	<i>Зміст можливості</i>	<i>Можлива реакція компанії</i>
	Оптимізація	Оптимізація основних конструктивних параметрів верстата та його вузлів	Відсутня
	Оптимізація	Оптимізація вибору конструктивних параметрів вузлів верстата з точки зору оптимізації розмірів зони обробки	Відсутня

2.4) Визначаються загальні риси конкуренції на ринку (табл. 8).

Таблиця 7. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

<i>Особливості</i>	<i>В чому</i>	<i>Вплив на діяльність</i>
--------------------	---------------	----------------------------

<i>конкурентного середовища</i>	<i>проявляється дана характеристика</i>	<i>підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)</i>
1. Вказати тип конкуренції - монополія/олігополія/ монополістична/чиста	Монополія	Компанія буде контролювати інші компанії
2. За рівнем конкурентної боротьби - локальний/національний/...	Локальний	Мала кількість конкурентів
3. За галузевою ознакою - міжгалузева/ внутрішньогалузева	Внутрішньогалузева	Мала кількість конкурентів
4. Конкуренція за видами товарів: - товарно-родова - товарно-видова - між бажаннями	Товарно-родова	Мала кількість конкурентів
5. За характером конкурентних переваг - цінова / нецінова	Цінова	Використання цін задля досягнення кращих економічних умов збуту
6. За інтенсивністю - марочна/не марочна	Марочна	Підвищення конкурентоспроможності підприємства

2.5) Після аналізу конкуренції проводиться детальний аналіз умов конкуренції в галузі (за моделлю М. Портера) (табл. 9). [16]

Таблиця 8. Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	<i>Прямі конкуренти в галузі</i>	<i>Потенційні конкуренти</i>	<i>Постачальники</i>	<i>Клієнти</i>	<i>Товари-замінники</i>
<i>Складові аналізу</i>	<i>Навести перелік прямих конкурентів</i>	<i>Визначити бар'єри входження в ринок</i>	<i>Визначити фактори сили постачальників</i>	<i>Визначити фактори сили споживачів</i>	<i>Фактори загроз з боку замінників</i>
Висновки:	Визначити інтенсивність конкурентної боротьби з боку прямих конкурентів	- чи є можливості входу в ринок? - чи є потенційні конкуренти? Строки виходу їх на ринок?	Чи постачальники диктують умови роботи на ринку? Які?	Чи клієнти диктують умови роботи на ринку? Які?	Обмеження для роботи на ринку через товари замінники

За результатами аналізу робиться висновок щодо роботи на . Також робиться висновок щодо характеристик , які повинен мати проект, щоб бути конкурентоспроможним.. [16]

2.6) На основі аналізу конкуренції, проведеного в п. 2.5 (табл. 9), а також із урахуванням характеристик ідеї проекту (табл. 2), вимог споживачів до товару (табл. 5) та факторів маркетингового середовища (табл. №№ 6-7) визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності. Аналіз оформлюється за табл. 10. [16]

Таблиця 9. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

<i>n/n</i>	<i>Фактор конкурентоспроможності</i>	<i>Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)</i>
	Модернізація	Збільшення точності , довговічності , економія ресурсів

2.7) За визначеними факторами конкурентоспроможності (табл. 10) робимо аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту (табл. 11). [16]

Таблиця 10. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін «назва проекту»

<i>n/n</i>	<i>Фактор конкурентоспроможності</i>	<i>Бали 1-20</i>	<i>Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з ... (назва підприємства)</i>							
			3	2	1		1	2	3	
	Модернізація	20								

2.8) Фінальним етапом ринкового аналізу є складання SWOT (табл. 12) на основі виділених ринкових загроз та можливостей. (табл. 11). [16]

Перелік ринкових складається на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей. Ринкові загрози та ринкові можливості є впливу факторів. [16]

Таблиця 11. SWOT-аналіз стартап-проекту

<p>Сильні сторони: Сильними сторонами проекту є підвищення точності, спрощення технологічного оснащення для ТП.</p>	<p>Слабкі сторони: Вузкий спектр класів деталей.</p>
<p>Можливості: В подальшому розробити процеси для всіх класів деталей. Не тільки металооброблення, а й працювати з іншими матеріалами. Створення власного програмного середовища.</p>	<p>Загрози: Можуть бути події, як нестабільність ринку, ціни на електроенергію.</p>

2.9) На основі SWOT-аналізу розробляються альтернативи ринкової поведінки для виведення стартап-проекту на ринок .

Альтернативи аналізуються з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів (табл. 13). [16]

Таблиця 12. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

<i>n/n</i>	<i>Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки</i>	<i>Ймовірність отримання ресурсів</i>	<i>Строки реалізації</i>
	Створення конструктивних	Отримання ресурсів є більш	3 міс

	параметрів верстата	простим та ймовірним	
--	---------------------	----------------------	--

3) Розроблення ринкової стратегії проекту

3.1) Опис цільових груп потенційних споживачів (табл. 14). [16]

Таблиця 13. Вибір цільових груп потенційних споживачів

<i>n/n</i>	<i>Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів</i>	<i>Готовність споживачів сприйняти продукт</i>	<i>Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)</i>	<i>Інтенсивність конкуренції в сегменті</i>	<i>Просота входу у сегмент</i>
	Підприємства	+	+	+	+
Які цільові групи обрано: Підприємства					

3.2) Для роботи в сегментах ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку (табл. 15). [16]

Таблиця 14. Визначення базової стратегії розвитку

<i>n/ n</i>	<i>Обрана альтернатива розвитку проекту</i>	<i>Стратегія охоплення ринку</i>	<i>Ключові конкурентоспромо жні позиції відповідно до обраної альтернативи</i>	<i>Базова стратегія розвитку*</i>
	Стратегія лідерства по витратах	Компанія за рахунок чинників внутрішнього і зовнішнього середовища забезпечує більшу, ніж у конкурентів маржу між собівартістю товару і середньоринковою ціною	За рахунок великих можливостей по об'ємах збуту товарів і продуктивності підприємство може добитися менших витрат	Компанія, проводять ретельний контроль за постійними витратами, знижують виробничі, збутові і рекламні витрати

3.3) Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (табл. 16).

Таблиця 15. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

<i>n/n</i>	<i>Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?</i>	<i>Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?</i>	<i>Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?</i>	<i>Стратегія конкурентної поведінки*</i>
	Проект є лідером на ринку	+	Не буде	Стратегія розширення

4.4) На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника\ та до продукту , а також від обраної базової стратегії розвитку (табл. 15) розробляється стратегія позиціонування (табл. 17). [16]

Таблиця 16. Визначення стратегії позиціонування

<i>n/n</i>	<i>Вимоги до товару цільової аудиторії</i>	<i>База стратегія розвитку</i>	<i>Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту</i>	<i>Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)</i>
	Висока якість товару	Стратегія лідерства по витратах	Собівартість Середньоринкова ціна	Якість товару; Економія ; Ринок.

4) Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

4.1) Першим кроком є формування маркетингової концепції товару. Для цього у табл. 18 підсумованно результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару. [16]

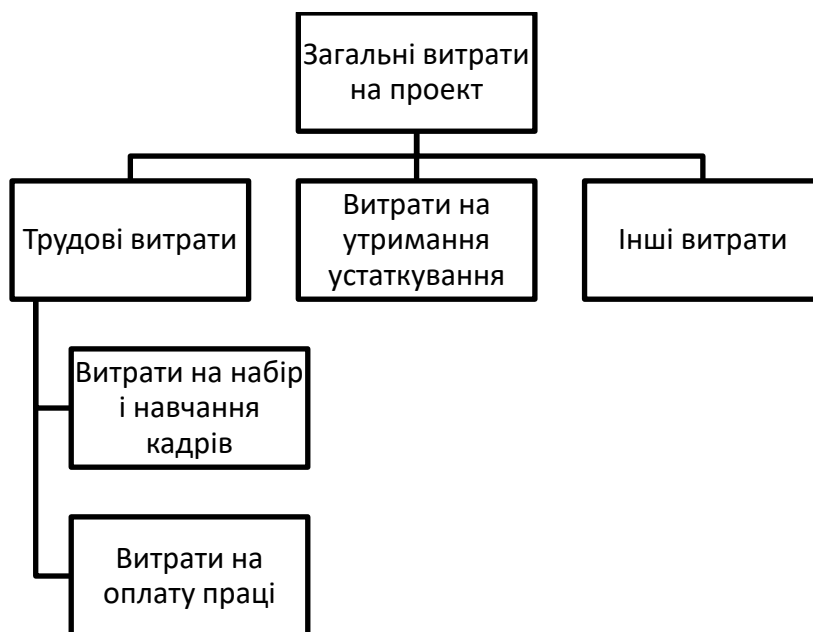
Таблиця 17. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

n/p	<i>а</i> Потреб	<i>Вигода, яку пропонує товар</i>	<i>Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)</i>
	я Інноваці	Економія	Якість товару

5).Календарне планування витрат за проектом

Робота	Показник	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
		A1	План	0										
	Факт.													
A2	План		5	5										
	Факт.													
A3	План.				5									
	Факт.													
A4	План				5									
	Факт.													
A5	План				5									
	Факт.													
B1	План					15	15							
	Факт.													
B2	План							15						
	Факт.													
B3	План								20	20				
	Факт.													
B4	План										15	15		
	Факт.													
B5	План												15	
	Факт.													
C1	План													15
	Факт.													
Щотижневі витрати, тис. грн		0	5	5	15	15	15	15	20	20	15	15	15	15
Наростаючим підсумком, тис.грн.		0	5	10	25	40	55	70	90	110	125	140	155	170

б).Структура витрат проекту



7).Зведена інформація затрат за проектом,тис.грн.

Код роботи	Зарплата	Програмне забезпечення	Інші	Загалом
<i>A01</i>	0	0	0	0
<i>A02</i>	5	5	0	5
<i>A03</i>	5	0	2	7
<i>A04</i>	5	0	2	7
<i>A05</i>	0	0	1	1
<i>B01</i>	30	0	0	30
<i>B02</i>	15	0	0	15
<i>B03</i>	30	0	10	30
<i>B04</i>	30	0	0	30
<i>B05</i>	15	0	0	15
<i>C01</i>	13	0	2	15
Загалом	148	5	17	170

Висновок:

1. Отже, у мого стартап-проекту є можливість ринкової комерціалізації, є достатній попит, та рентабельність роботи на ринку. Є перспективи для розитку проекту. Використання в різних галузях.
2. Розроблена кострукторія 5-ти координатного верстата з паралельними кінемтичними зв'язками
3. стварена методика та алгоритм визначення раціональних конструктивних параметрів верстата з паралельними кінематичними зв'язками
4. Виконано машинний експеремент за допомогою розразункової процедури визначення раціональних конструктивних параметрів верстата з паралельними кінематичними
5. Отримані значення кострукторивних параметрів .

6. ЛІТЕРАТУРА:

1. Потапов В.А. На острие технического прогресса //Машиностроитель, 1998, №2, с.52-58 (рис.1, с.52).
2. Агрегатно-модульне технологічне обладнання. Частина 3. Агрегатно-модульне технологічне обладнання нового покоління, його оснащення інструментальне забезпечення. Під ред. проф.Кузнецова Ю.М. Кіровоград. 2003. - 508с. (рис.19.22 і 19.24 на стор.168-170).
3. Технологічне обладнання з паралельною кі-нематикою. Під ред. проф.Кузнецова Ю.М. Кіро-воград. - 200. с (рис. на стор.).
7. Валявський І.А., Крижанівський В.А. Тенде-нції розвитку верстатів паралельної структури//Вісник СумДУ, №2(48), 2003. с.18-22 (рис. 3).
8. Патент Німеччини №19955520, МПКВ23Q1/70, В23K26/08, заявл. 18.11.1999, опубл.31.05.2001.
9. Т.П. Chang, S.L. Chen, Y.C. Lin, I. Inasaki.Post-Processor Development of a Hybrid TRR-XYParallel Kinematic Machine Tool. Int & Adv ManufTechnol (2002) 20:259-269. Ownership andCopyright. © 2002 Springer Verlag London Limited(fig. 1, fig-5)
10. Крижанівський В.А., Кузнецов Ю.М., Валявський І.А., Скляр Р.А. Технологічне 40 обладнання з паралельною кінематикою: Навчальний посібник для ВНЗ. / Під.ред. Ю.М. Кузнецова. - Кіровоград, 2004. - 449 с
11. .Кузнецов Ю.Н., Дмитриев Д.О., Диневич Г.Ю. Компоновки станков с механизмами параллельной структуры - Херсон: ПП. Вышемирський В.С., 2009.-456 с.
12. Верстат-гексапод. Патент України №54937. МПК В21D 5/00 / Крижанівський В.А., Валявський І.А. Опубл. 17.03.2003, Бюл.

13. Механізм лінійних переміщень: Патент на корисну модель № 54936 України / В.А. Крижанівський, І.А. Валявський (Україна). - Заявл. 24.05.2002; Опубл. 17.03.2003, Бюл. № 3. - 2 с. Патент України № 63432 від 10.10.2011р.

14. 11.Механізм лінійних переміщень: Патент на корисну модель №54936 України/ В.А. Крижанівський, І.А. Валявський (Україна). - Заявл. 24.05.2002; Опубл. 17.03.2003, Бюл. №3.- 2с.Сбалансированные манипуляторы . Под ред. П.Н. Беянина.- «Машиностроение», 1988.-263 с.

15. Артоболевский Н.И. Теория механизмов и машин . – М.: Наука , 1988.-638 с.

16. Лысяков А.Г. Вспомогательное оборудование для перемещения грузом.- М.: Машиностроение, 1989.-230с.

15. Робото-технические системы в сборочном производстве . Под ред. Пашкова Е.В..-Киев «Вища школа», 1987.-268с

17. Бланк, С. Стартап. Настольная книга основателя / С. Бланк, Б. Дорф ; пер. с англ. Т. Гутман, И. Окунькова, Е. Бакушева. – 2-е изд. – Москва : Альпина Паблишер, 2014. – 614 с.

18. Дрейпер, У. Стартапы : профессиональные игры Кремниевой долины / У. Дрейпер ; предисл. Э. Шмидта ; пер. с англ. В. Егорова. – Москва : Эксмо, 2012. – 378 с.

19. Коэн, Д. Стартап в Сети : мастер-классы успешных предпринимателей / Д. Коэн, Б Фелд ; пер. с англ. М. Иутина. – 2-е изд. – Москва : Альпина Паблишер, 2013. – 337 с.

20. Маллинс, Дж. Поиск бизнес-модели : как спасти стартап, вовремя сменив план / Дж. Маллинс, Р. Комисар ; пер. с англ. М. Пуксант и Е. Бакушевой. – Москва : Манн, Иванов и Фербер, 2012. –

329 с.

21. Робемед, Н. Самые интересные стартапы 2013 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.forbes.ru/svoibiznes-photogallery/startapy/248976-samyie-interesnyie-startapy-2013-goda/photo/1>
22. Статистика смертности и советы по безопасности для стартапов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vc.ru/p/startup-eset>
23. Статистика указала на условия для появления стартапов, успешных как Google и Facebook [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://naked-science.ru/article/sci/statistika-ukazala-na-usloviya>
24. Тиль, П. От нуля к единице : как создать стартап, который изменит будущее / П. Тиль, Б. Мастерс; перевод с англ. – Москва : Альпина паблишер, 2015. – 188 с.
25. Харниш, В. Правила прибыльных стартапов : как расти и зарабатывать деньги / В. Харниш ; пер. с англ. В. Хозинского. – Москва : Манн, Иванов и Фербер, 2012. – 279 с.
26. Экланд С. Ангелы, драконы и стервятники : как привлечь правильных инвесторов в свой стартап и сохранить бизнес / С. Экланд ; пер. с англ. О. Терентьевой. – Москва : Манн, Иванов и Фербер, 2011. – 275 с.
27. Цибульов П. М. Управління інтелектуальною власністю : монографія/ Цибульов П. М., Чеботарьов В. П., Зінов В. Г. , Суїні Ю., за ред. П. М. Цибульова. – К. : «К. І. С.», 2005. – 448 с.
28. Квашнин А. Как управлять портфелем технологий и интеллектуальной собственностью : серия методических материалов «Практические руководства для центров коммерциализации технологий» / под рук. П. Линдхольма, проект EuropeAid «Наука и коммерциализация технологий», 2006. – 60 с.

29. Квашнин А. Как продвигать проекты коммерциализации технологий : серия методических материалов «Практические руководства для центров коммерциализации технологий» / М. Катешова, А. Квашнин, под рук. П. Линдхольма, проект EuropeAid «Наука и коммерциализация технологий», 2006. – 52 с.
30. Петруненко А. Оценка коммерческой привлекательности проекта [Электронный ресурс] // Технологический бизнес. – 1999. – № 2. Режим доступа: <http://www.techbusiness.ru/tb/archiv/number2/page01.htm>

ПОСИЛАННЯ:

- [1]- <http://mmi-pm.kpi.ua/wp-content/uploads/2013/03/Zbalancemanip2008.pdf>
- [2]- http://kvm.kpi.ua/s/tezy/2018/KBM_2018_1.pdf
- [3] - <https://stanok.guru/stanki/frezernye-stanki/stoly-povorotnye-dlya-frezernyh-stankov-i-cena-izdeliy.html>
- [4]- <https://www.skfmotiontechnologies.com/en/global/products/linear-guides>
- [5] - <http://tc.kpi.ua/content/book2005/book1/glav033/033.html>
- [6]-<https://www.et-rus.ru/info/osobennostikonstruktsiyshpindelnykhmotorov/>
- [7]- <http://uapatents.com/4-120515-verstat-geksapod.html>
- [8]- <http://uapatents.com/4-122703-verstat-z-kombinovanoyu-kinemachnoyu-strukturoyu.html>
- [9]- <http://uapatents.com/4-114304-privod-peremishhennya-vikhidnogo-organa-verstata-z-pyatma-shtangami.html>
- [10]- <http://uapatents.com/4-112828-privid-peremishhennya-vikhidnogo-organa-verstata-z-shistma-shtangami.html>

[11]- <http://uapatents.com/4-88988-verstat-geksapod.html>

[12]- <http://uapatents.com/7-73729-mekhanizm-geksapod.html>

[13]- <http://uapatents.com/2-64804-verstat-geksapod.html>

[14]- <http://uapatents.com/2-63442-verstat-geksapod.html>

[15]- <http://uapatents.com/5-66830-bagatokoordinatnijj-frezernijj-verstat.html>

[16] - http://kaf-pe.kpi.ua/wp-content/uploads/2015/04/roz_startap_proektiv_met_vk.pdf