

ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ДОНБАСЬКА ДЕРЖАВНА МАШИНОБУДІВНА АКАДЕМІЯ»

Пелипинко Олександр Олександрович

УДК 621.9.06

Розробка та дослідження технологічного комплексу на базі верстатного
модуля з паралельною кінематикою

Спеціальність 131 – Прикладна механіка

Автореферат
Магістерської дипломної роботи

Краматорськ – 2017

Дипломною роботою є рукопис

Робота виконана в Донбаській державній машинобудівній академії
Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник д.т.н, проф.

Ковалевський Сергій Вадимович,

Донбаська державна машинобудівна академія

Захист відбудеться 21 грудня в Державній машинобудівній академії за
адресою м. Краматорськ, вул. Шкадінова 72, 84313

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Значимість роботи полягає в необхідності проектуванні нового виду обладнання за рахунок використання дельта-механізмів з кінематикою паралельною структури тому що застаріле обладнання, через погіршення своїх характеристик з плином часу, потребує заготовок з більшими припусками чим самим впливає на вартість готового продукту.

Мета роботи. Спроекувати та дослідити технологічні можливості дельта-машин, а також розробити експериментальну модель дельта-машини для дослідження. Відповідно до поставленої мети визначені наступні **завдання:**

Запропонувати і спроекувати конструкцію, а також експериментально дослідити продуктивність роботи експериментальної моделі дельта-машини;

- Виконати експериментальні дослідження і обробити їх результати із застосуванням програмного забезпечення;

- Розробити технологічні рекомендації щодо застосування дельта-машини.

Об'єкт дослідження: дельта-машина з кінематикою паралельної структури.

Предмет дослідження: можливості дельта-машин з кінематикою паралельної структури.

Методи дослідження - експериментальні. Експериментальні дослідження проводяться на експериментальних стендах, експериментальній моделі дельта-машини, обробка експериментальних даних здійснювалася за допомогою програмних пакетів для ПК.

Наукова новизна роботи: під час проведення аналізу існуючого сучасного обладнання було виокремлено ключові особливості, характерні різним видам верстатів та обладнання, які впливають на технологічний процес, зокрема на вибір заготовки, операційний процес та інструмент, у

зв'язку з чим створено прототип, модель верстата з кінематикою паралельної структури, яка має можливість та передумови до використання в технологічному процесі розпочинаючи обробкою заготовки та закінчуючи складанням вузла перед відправкою замовнику

Практична цінність:

- Створена експериментальна дельта-машина з кінематикою паралельної структури;
- Визначено конструкції і виявлено складові частини дельта-машин з кінематикою паралельної структури для створення реконфігурованих виробництв;
- Розроблено технологічні рекомендації щодо доцільності використання розробленої дельта-машин з кінематикою паралельної структури.

Наукова апробація роботи: основний зміст і ідея роботи представлені на: десятій міжнародній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «перспективні технології на основі новітніх фізико-матеріалознавчих досліджень та комп'ютерного конструювання матеріалів» 20 – 21 квітня 2017 року м.Київ.; Матеріали XVII міжнародної науково-практичної конференції «МАШИНОБУДУВАННЯ ОЧИМА ОЛОДИХ: ПРОГРЕСИВНІ ІДЕЇ – НАУКА –ВИРОБНИЦТВО» м. Чернігів 2017 р.; Всеукраїнській науковій конференції «Нейромережеві технології та їх застосування НСТіП-2017» збірник наукових праць - Краматорськ: ДДМА, 2017.; «Студентський Вісник Донбаської державної машинобудівної академії» збірник наукових праць Донбаської державної машинобудівної академії - Краматорськ: ДДМА, 2017.

Особистий внесок: полягає у проведенні наукових досліджень, створенні експериментальної дельта-машин з кінематикою паралельної структури, аналізу експериментальних даних, обробці результатів досліджень. Також за результатами роботи складений АКТ впровадження в навчальний процес (Ковалевський С.В., Пелипинко О. О.).

Публікації: результати досліджень опубліковані у чотирьох збірниках наукових праць та наукових конференцій.

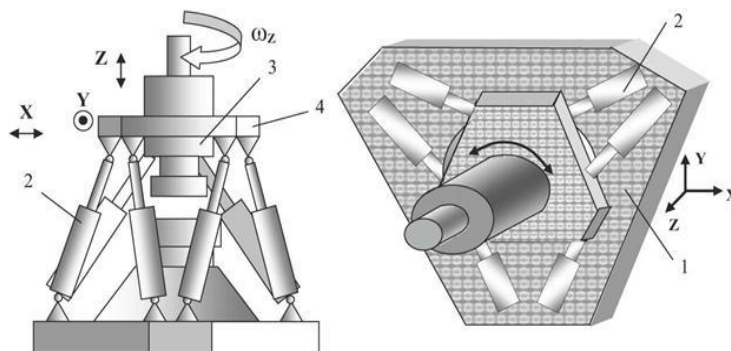
Структура та обсяг роботи. Магістерська дипломна робота містить: вступ, шість розділів і додатки. Зміст розділів магістерської роботи викладено на 117 сторінках, містить 66 малюнків, 10 таблиць, 3 додатки, 51 використане літературне джерело.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У першому розділі: **Огляд конструкції машин з кінематикою паралельною структури»** - Починаючи з кінця 20 століття, всі розвинені країни починали процес впровадження роботизованого обладнання у промислове виробництво, а також створення на базі роботів, гнучких виробничих систем. Верстати з паралельною кінематикою використовувані в гнучких виробничих системах, дозволяють виробляти кілька операцій без переустановлення деталі, що підвищує точність обробки використовуючи одну настановну базу, знизити допоміжний час і відразу після обробки провести контрольне вимірювання. І всі ці операції виконуються без участі людини.

Для розробки нового верстата з паралельною кінематикою був проведений аналіз вже існуючих верстатів які використовуються у виробництві.

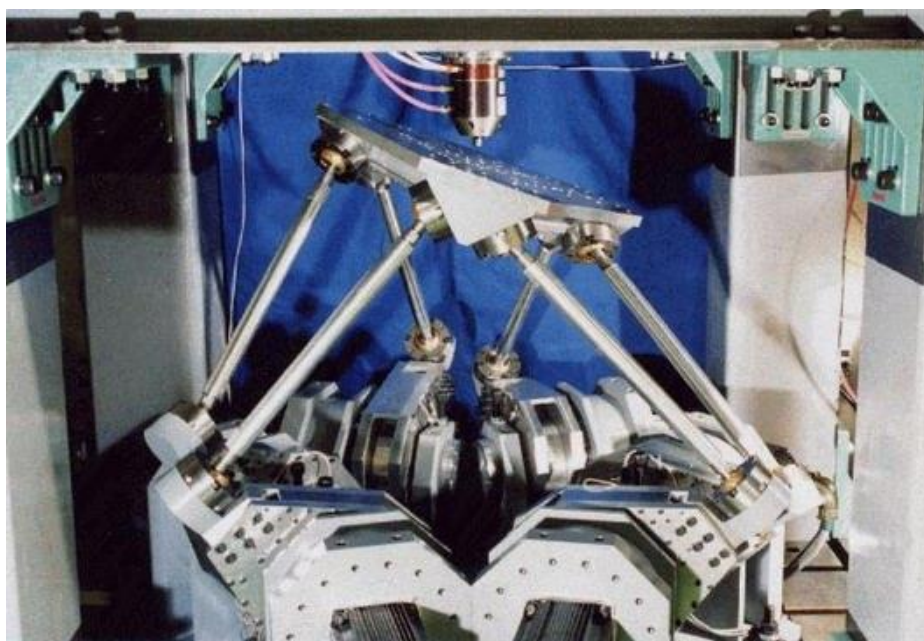
Технологічні машини – гексаподи. Мехатронний підхід покладений в основу машин з концептуально новим принципом побудови – так званих гексапод. Ці технологічні машини (верстати, координатно-вимірювальні машини, роботи) мають стрижневу конструкцію і побудовані на мехатронних модулях лінійного руху, в основі їх конструктивної схеми лежить платформа Стюарта.[1,2]



Малюнок 1.1. Схема машини-гексапода

Подібні машини стали засновниками сучасних машин використовують паралельну кінематику. У порівнянні з верстатами дана конструкція має масу переваг. Але технології рухаються вперед і прагнення зменшити габаритні розміри, витрати на матеріалах, виробничої площі, споживання енергії. І в наш час верстати з такою конструкцією мають великі габарити і споживання енергії, матеріальних ресурсів. Продовжуючи аналіз існуючих подібних машин було розглянуто еволюційні конструкції вийшли після гексоподов такі як: ротопода, трипода, дельта-механізму.

Іншим прикладом шестиосьового механізму є ротопод. В даній схемі провідні двигуни розташовані в поворотних шарнірах підстави, а штанги мають постійну довжину. Цим забезпечується відносно менша маса самого пристрою і велика швидкість переміщення виконавчого вузла, ніж у механізму за схемою гексапод.[1,2]



Малюнок 1.2 - Шести координатний поворотний стіл за схемою «ротопод».

Наступним прикладом 6-ти осьового паралельного механізму є дельта-механізм. Тут провідні обертальні двигуни розташовані на підставі, а кожна штанга розділена на дві частини. Перша полуштанга одним кінцем

сполучена з двигуном, іншим кінцем - з карданним шарніром, що зв'язує її з другої полуштангою. Друга полуштанга через сферичний шарнір пов'язана з платформою.[1,2,3,4]



Малюнок 1.3 - Схема дельта-механізму

Головною перевагою запропонованої схеми є її підвищена маневреність і розширена межа робочої зони. На основі дельта машини є багато різноманітних пристроїв, які використовуються на виробництвах, у спортивному інвентарю, 3д печаті та інших. Наприклад на базі дельта-машини розроблені автоматичні фасувальники. Завдяки великій маневреності і швидкості переміщення, а головне не великих габаритних розмірів таких конструкцій вони широко використовуються і мають великий попит.

Трипод є трьохосьовим механізмом, що реалізує лінійні переміщення виконавчої ланки по трьох осях X,Y,Z. В цілому трипод є «спрощеною» версією гексапода. Однак є й відмінності. Так як три штанги не можуть

забезпечити кутову жорсткість, в конструкцію вводять четверту центральну стійку, головним завданням якої є сприймати згибаючі напруги.[1,2]

Переваги механізмів з паралельною структурою:

1. При малій масі рухомого ІО забезпечуються більш високі швидкості переміщень і прискорень;
2. Механізми відрізняються високою жорсткістю, що зумовлено роботою телескопічного пристрою на розтяг-стиск і рівномірним розподілом зусиль по всій структурі;
3. Різке зниження металоємності.

Існуючі верстати з кінематикою паралельної структури мають ряд переваг перед стандартними верстатами. Вони мають меншу металоємність, багато функціональність, а також мають більш складне управління (налагодження, поправки на похибку).

Використовуючи за базу дельта-механізм з використанням конструкції типу ферма, вирішуються 3 основних питання:

1. значно зменшуються габаритні розміри, металоємність нового верстата (дельта-машини);
2. Конструкція дельта-механізму дозволяє оброблювати досить великий розмірний ряд деталей;
3. За рахунок зменшення металоємності і досить великої робочої зони конструкції дельта механізму значно зменшується її вартість.

Було розроблено конструкцію дельта-машини на основі конструкцій типу ферма. Конструкції типу ферма – це стрижнева система в будівельній механіці, залишається геометрично незмінною після заміни її жорстких вузлів шарнірними. В елементах ферми, при відсутності розцентрування стрижнів і поза вузловій навантаження, виникають тільки зусилля розтягування-стиснення. Ферми утворюються з прямолінійних стрижнів, з'єднаних у вузлах в геометрично незмінну систему, до якої навантаження прикладається тільки у вузлах.[8]

У другому розділі: «Використання розробленого дельта-механізму в технологічному комплексі» - огляд літератури, викладений у першому розділі роботи, вказує на перевагу дельта-механізму за рахунок мобільності роботи, швидкого і точного переміщення робочого органу. Також була розглянута жорстка з малою металоємністю конструкція типу ферма. Це дозволяє розробити новий верстат на базі дельта-механізму з малою металоємністю і великою жорсткістю.

Для створення технологічного комплексу на базі дельта-машин с кінематикою паралельної структури, розроблена конструкція дельта машини має малу металоємність при великій жорсткості, конструкція типу ферма. Розроблений технологічний комплекс використовує дельта машини при заготовчій операції, обробки виробу та зборки готової продукції. Розроблений комплекс зможе забезпечити швидко реконфігурований технологічний комплекс з багато номенклатурною спроможністю обробки та складання виробів.

Конструкція розроблених дельта-машин збірна-розбірна. Усі комплектуючі частини таких машин діляться на різні розміри. Це забезпечую багато номенклатурний ряд виробів які можливо виготовлювати на новому технологічному комплексі.

Рама дельта-машини складається з металевих профілів, це дає змогу підлаштовувати розмір дельта-машини під розмір виготовлених виробів, а не навпаки підлаштовуватися під можливі вироби залежно від верстаків які вже є на виробництві. Такий комплекс дозволить швидко переналадування залежно від виробу. В якості направляючих для кареток, в таких машинах можливо використовувати різні варіанти, залежно від потрібних розмірів дельта машини. Це можуть бути вінти, ремні, лінійні двигуни. Для невеликих габаритів дельта-машин можливо використовувати гумові ремні, для середніх розмірів використовуються гвинти (1,1.5,2.5..м), і для різних розмірів лінійні двигуни.

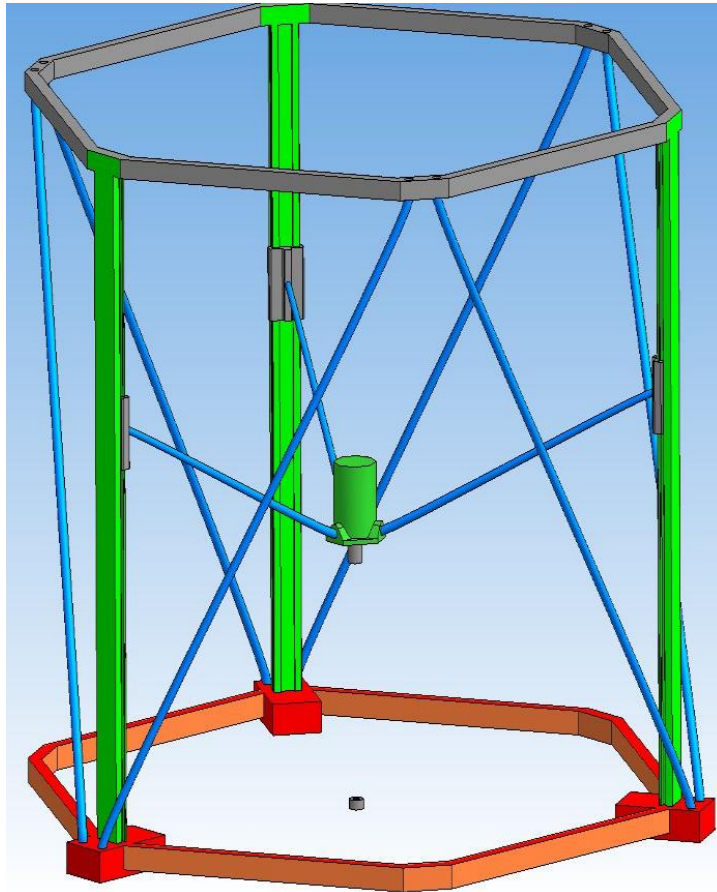


Рисунок 2.1.1 3д модель дельта-машини

У третьому розділі: «Розробка конструкції експериментальної дельта-машини» - для можливості проведення експериментів, проведення практичних досліджень розробленої дельта-машини з кінематикою паралельної структури була створена експериментальна дельта-машина.

Опираючись на отримані дані, була розроблена конструкція експериментальної дельта-машини з кінематикою паралельною структури (рисунок 3.1.1) (графічний лист №).

По розробленій конструкції була створена рама дельта-машини (мал.. 3.1.2.) на заводі ПАТ «Бетонмаш».



Рисунок 3.1.1. Рама дельта-машини.

Конструкція вагою 80 кг, дозволить обробляти деталі діаметром до 600 мм, висотою до 600 мм. Аналогічні деталі оброблюють на станках масою більше тони. Така конструкція має велику жорсткість, але при обробці деталей виникають великі сили різання. Ці сили можуть негативно впливати на точність

Така конфігурація дозволяє забезпечити доступ до будь-якій стороні деталі, а також дає можливість встановлювати плоскі елементи по нормалі до шпинделя, що дозволяє використовувати кінцеві або торцеві фрези для обробки отворів або площин.

Подальша збірка дельта-машини відбувалася у «Проблемній лабораторії мобільних інтелектуальних технологічних машин Донбаської державної машинобудівної академії конструкції мобільного верстата-робота». Оснащення комплектуючих і збірка, відбувалася під керівництвом д.т.н. проф. С.В. Ковалевського.

У четвертому розділі: «Дослідження впливу зсуву центру мас у дельта-машин з кінематикою паралельної структури» - Продуктивність обробки і якість виготовлених деталей на розробленій дельта-машині залежить від ряду факторів, зокрема, від динамічних процесів у технологічному процесі. [23]

При збільшенні росту швидкостей різання, частоти обертання шпинделя супроводжуються зміною фізико-механічних процесів у зоні різання і динамічних процесів в пружній системі дельта-машини. В теорії динаміки верстатів у замкнутої динамічної системи в якості основних сил, що діють на пружні верстатні системи, розглядаються сили різання і тертя, що викликають коливання в цій системі. Природно, що при підвищених частотах обертання, крім вищевказаних сил, на пружну систему шпинделя буде діяти значна відцентрова сила інерції, обумовлена неврівноваженою масою. Точність обертання шпинделя безпосередньо впливає на основні показники якості деталі: точність розміру і форми обробленої поверхні; точність взаємного розташування оброблюваних поверхонь відносно один одного; хвилястість і шорсткість поверхні. [24,25,26]

При обробці деталей фрезеруванням, свердлінням, необхідно перевірити можливе відхилення робочого органу проектованої дельта-машини. Сили впливають при вході інструмента на заготовлю можуть впливати на штанги, платформою з робочим органом, дані сили можуть зрушити робочий орган дельта-машини.

На базі проблемної лабораторії мобільних інтелектуальних технологічних машин Донбаської державної машинобудівної академії конструкції мобільного верстата-робота була розроблена методика і був створений експериментальний стенд.

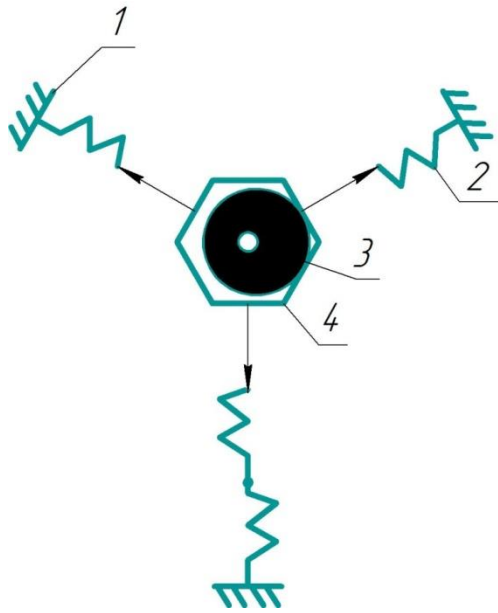


Рисунок 4.1.4.- Схема експериментальної установки для визначення зсуву центру мас.

На рис 4. показана схема експериментальної установки для визначення зсуву центру мас, в якості штанг задіяні пружини 2, які знаходяться під силами розтягування, пружини закріплюються за корпус платформи двигуна 4 і за контрольні точки 1. Контрольні точки 1 знаходяться на різних відстані, що дозволяє впливати на платформу з двигуном як при переміщенні виконавчого органу в роботі спроектованої дельта-машини. Також на двигуні встановлений дисбаланс 3, який симулює роботу шпинделя дельта машини.

Отримані результати практично показали що в проектованому виконавчому ланцюзі дельта-машини виникає зсув центру мас, здатний викликати резонанс елементів технологічної системи в широкому діапазоні частот. Такий режим роботи дельта-машини з механізмами паралельної кінематики буде враховуватися при проектуванні з метою забезпечення продуктивності і точності дельта-машини при її експлуатації.

Були розроблені методичні вказівки для виконання лабораторно-практичної роботи «Вплив зсуву центру мас у виконавчому механізмі мобільних верстатів з кінематикою паралельної структури».

В п'ятому розділі: «Організаційно-економічна частина» - визначені і розраховані економічні показники. Аналізуючи метод вирощування деталі можна виявити суттєву економію коштів на:

- Економії витрат на технологічне устаткування;
- Економії витрат на виробничі площі;
- Економії витрат на матеріали;
- Економії витрат на електроенергію.

У шостому розділі: «Охорона праці та безпека при надзвичайних ситуаціях» - проведено аналіз фізичних, хімічних, психологічних і біологічних небезпечних і шкідливих факторів, які існують в механоскладальних цехах.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ І РЕЗУЛЬТАТИ

Розроблена конструкція дельта-машини з кінематикою паралельної структури, збірна-розбірна. Усі комплектуючі частини таких машин діляться на різні розміри. Це забезпечують багато номенклатурний ряд виробів які можливо виготовлювати на новому технологічному комплексі. Цей принцип можливо порівняти із конструктором. Завдяки принципу конструктора, процес зборки-розбірки лінії має легкий вид робіт. Це дозволяє вивести гнучке виробництво на новий рівень. Завдяки принципу конструктора, процес зборки-розбірки лінії має легкий вид робіт. Це дозволяє вивести гнучке виробництво на новий рівень.

За допомогою різноманітних програм моделювання для ПК, можливо розробити базу даних з номенклатурою елементів для збірки подібних дельта-машин. Наприклад після одержання замовлення для виготовлення продукції, інженер технолог на підприємстві зможе швидко підібрати

необхідну модель дельта-машини, і розпочати монтаж лінії із вибраних дельта-машин.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИПЛОМА

Всього за результатами досліджень:

1) Опубліковано статті:

- Ковалевська О. С., Перспектива розвитку машинобудування з використанням дельта-машин / Ковалевська О. С., Ємець В. В., Пелипинко О. О., Абрамченко А. В // Матеріали XVII міжнародної науково-практичної конференції «МАШИНОБУДУВАННЯ ОЧИМА ОЛОДИХ: ПРОГРЕСИВНІ ІДЕЇ – НАУКА –ВИРОБНИЦТВО» 2017 р.м. Чернігів
- Ковалевський С.В. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗСУВУ ЦЕНТРА МАС У МАШИН З ПАРАЛЕЛЬНОЮ КІНЕМАТИКОЮ / Ємець В. В., Пелипинко О. О. науч. кер. Ковалевський С.В. м. Краматорськ, ДДМА
- Ковалевський С.В ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ОБРОБКИ РОЛИКОМ-РОЗРЯДНИКОМ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ ДЕТАЛІ / Ємець В.В., Пелипинко О.О. // десята міжнародна конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «перспективні технології на основі новітніх фізико-матеріалознавчих досліджень та комп'ютерного конструювання матеріалів» м.Київ 2017 року.

2) Результати дослідження повідомлені на:

- Матеріали XVII міжнародної науково-практичної конференції «МАШИНОБУДУВАННЯ ОЧИМА ОЛОДИХ: ПРОГРЕСИВНІ ІДЕЇ – НАУКА –ВИРОБНИЦТВО» м. Чернігів 2017
- Перспективні технології на основі новітніх фізико-матеріалознавчих досліджень та комп'ютерного конструювання матеріалів» - м.Київ 2017 року
- Всеукраїнській науковій конференції «Нейромережеві технології та їх застосування НСТіП-2017» збірник наукових праць - Краматорськ: ДДМА, 2017.;

– «Студентський Вісник Донбаської державної машинобудівної академії» збірник наукових праць Донбаської державної машинобудівної академії - Краматорськ: ДДМА, 2017.