

ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ДОНБАСЬКА ДЕРЖАВНА МАШИНОБУДІВНА АКАДЕМІЯ»

Бровко Оксана Анатоліївна

УДК 621.9

ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ
ПРИСТРОЇВ ТИПУ "ОПТОПОД" НА ОЧІКУВАНУ ТОЧНІСТЬ
МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

Спеціальність 8.05050201 – Технологія машинобудування

Автореферат
Магістерської дипломної роботи

Краматорськ – 2016

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 5 січня в Державній машинобудівній академії за
адресою м. Краматорськ, вул. Шкадінова 72, 84313

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Значимість роботи полягає в необхідності вдосконалення існуючого обладнання за рахунок використання станків з паралельною кінематикою, які є більш точними і ефективними для обробки.

Мета роботи. Аналіз та дослідження факторів які впливають на точність механічної обробки. Визначення оптимальної траєкторії переміщення платформи. Відповідно до поставленої мети визначені наступні **завдання:**

- Аналіз стану проблеми і методи їх вирішування.
- Створення керуючої програми для мобільного верстата-робота оптопода.
- Розробка математичної моделі динамічних процесів, що відбуваються в роботі-верстаті з паралельною кінематикою.

Об'єкт дослідження: .верстат-роботи.

Предмет дослідження:робот-оптопод.

Методи дослідження - експериментальні, програмне моделювання.

Наукова новизна роботи: створений керований рух вихідної ланки на основі інтелектуальних алгоритмів при вирішенні задач кінематики та динаміки.

Практична цінність:

- Сформульовано основні вимоги до факторів впливу на точність;
- Визначено кінематичний і динамічний аналіз пристрою;
- Розроблено технологічні рекомендації щодо створення оптимального переміщення платформи.

Наукова апробація роботи: основний зміст і ідея роботи представлені на Всеукраїнській науковій конференції «Нейромережеві технології та їх застосування НСТіП-2015» збірник наукових праць - Краматорськ: ДДМА, 2015., «Студентський Вісник Донбаської державної машинобудівної академії» збірник наукових праць Донбаської державної машинобудівної

академії - Краматорськ: ДДМА, 2016.; Молода наука. Технологія машинобудування : збірник наукових праць всеукраїнської науково-технічної конференції студентів і молодих вчених / за заг. ред. С. В. Ковалевського, д-ра техн. наук, проф. – Краматорськ : ДДМА, 2016, «Якість освіти – управління, сертифікація, визнання» збірник наукових праць - Краматорськ: ДДМА, 2016..

Особистий внесок: полягає у проведенні наукових досліджень, аналізу експериментальних даних, обробці результатів досліджень.

Публікації: результати досліджень опубліковані в трьох 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 127 сторінках, містить 30 малюнків, 26 таблиць, 1 додатки, 99 використане літературне джерело.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

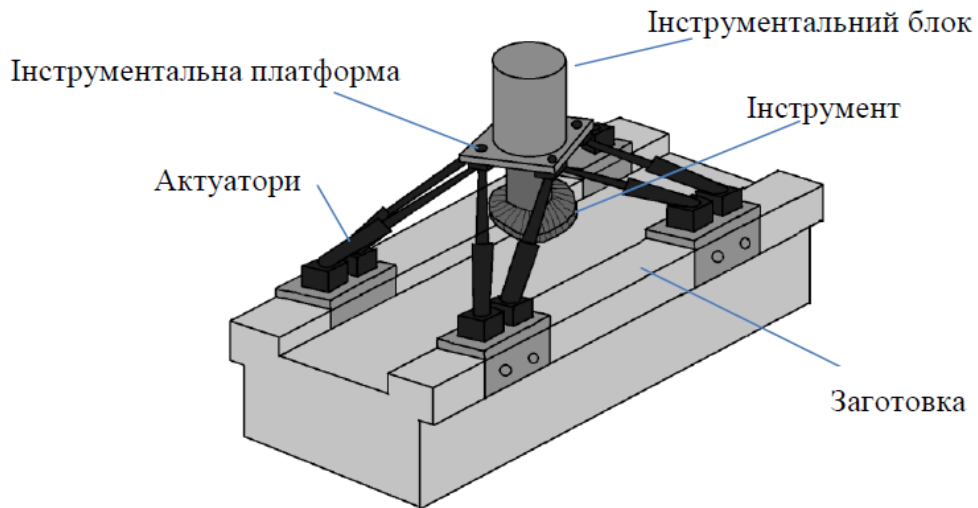
У першому розділі: «Аналіз стану проблеми і методи її вирішення»

- Мрія всіх виробників верстатів скомбінувати високу гнучкість і велику робочу зону робіт з точністю і жорсткістю традиційних верстатів. За останні 20 років головна увага приділялася розробкам верстатів з паралельною кінематикою. Ця технологія означає, що рухи за координатами X, Y і Z виконуються трьома або більшою кількістю паралельних осей, які дають відмінну жорсткість і точність зі збереженням оптимальної гнучкості і охопленням роботи.

Мехатроніка — це наука, головна мета якої полягає в створенні і використанні машин, які рухаються і працюють на основі управління електронно-обчислюваної техніки. В основу науки покладені принципи механіки, інформатики, мікропроцесорної техніки і управління машинами за допомогою комп'ютерних технологій. Мехатроніку та робототехніку часто відносять до подібних понять. Обумовлено це тим, що робототехніка в своїй сутності базується на принципах мехатроніки, і будь який розвиток автономних машин можливий лише в її рамках.

Для оцінки точності формоутворення на оптоподах необхідно визначити траєкторію руху ріжучого інструменту і зміщення його ріжучої кромки під дією сили різання. При цьому розглядають переміщення ріжучої кромки уздовж твірної лінії оброблюваної поверхні. Траєкторію цього переміщення технолог призначає на основі особистого досвіду, що не забезпечує виконання основних умов формоутворення, зокрема відсутності підрізання суміжних ділянок оброблюваної поверхні.

У оптопозі (рис 1.1) рухомі підстави (актуатори) з'єднані вісьмома розсувними штангами (з шарнірами на кінцях) з нерухомою платформою (інструментальна), на якій розташований шпиндельний вузол із закріпленим в ньому РІ.



Малюнок 1.1 – Схема оптопода

Одним з варіантів рішення нагальних проблем є використання роботів з паралельною кінематикою, у яких всі переміщення зв'язані між собою конструктивними особливостями, так як в таких роботах задіяний принцип трикутника. В таких механізмах при лінійній зміні одного з плечей, інші підлаштовуються під нього. Найвагомішими їх достоїнствами перед традиційним обладнанням, є мала металоємність, транспортабельність, достатня жорсткість, рівномірний розподіл навантаження за рахунок стрижневої конструкції, і як наслідок високі динамічні показники.

Істотним джерелом виникнення помилок позиціонування є порушення заданих геометричних співвідношень між осями ланок. Послідовне розташування ланок разом з вимогою їх жорсткості має на увазі, що рухомі частини робота мають значну масу. Як наслідок, при високошвидкісних переміщеннях маніпулятор зазнає впливу сил інерції, відцентрових сил і сил Коріоліса, що ускладнює управління роботом[5].

Крокові двигуни по конструкції є синхронними і мають всі їхні переваги і недоліки, але ці двигуни відкривають широкі можливості для їх установки, якщо мова йде про малих переміщеннях. Крокові двигуни дозволяють з високою точністю перетворювати цифровий електричний сигнал безпосередньо в дискретні кутові 45° переміщення (кроки) ротора.

Таблиця 1.1 - Фактори, що впливають на точність верстата

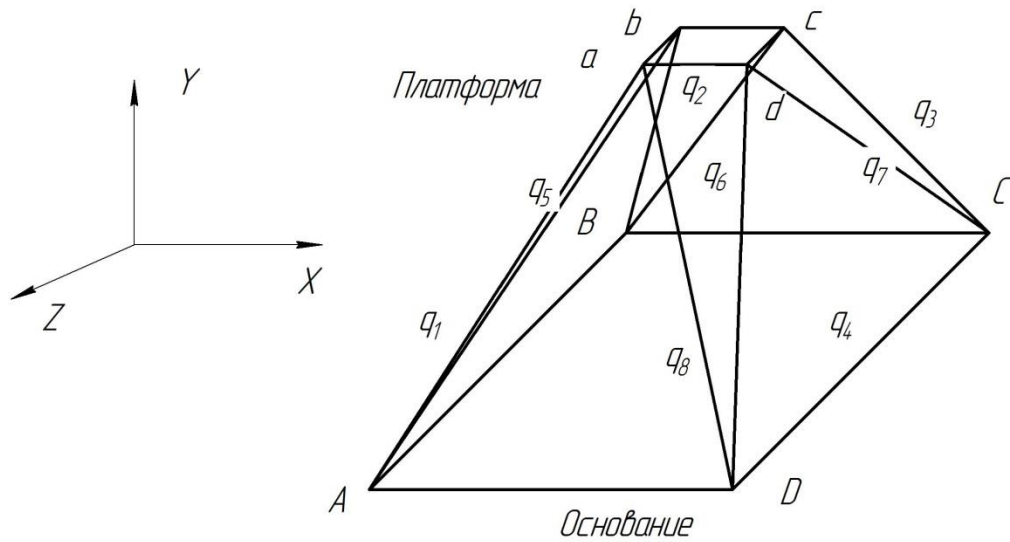
Точність верстата з паралельною кінематикою		
Фактори, що впливають на точність		
Механічні настанки	Теплові чинники	Вплив керуючих систем
1	2	3
Механізму здійснення паралельних переміщень	Запобігання перепаду температур вузлів верстата	Точне програмне забезпечення перетворень для відображення нелінійної структури
Паралельності шпинделя і поворотної опори		Корекція геометричних параметрів структури за допомогою зовнішньої вимірювальної системи, що працює в прямокутних осях координат (калібрування)
Паралельності поворотної опори і робочого столу		Компенсація пружних змін довжини виконавчих органів в залежності від позиції шпинделя в робочій зоні
		Компенсація математично невизначених похибок (компенсація об'ємних похибок)

У другому розділі: «Кінематичний і динамічний аналіз паралельних роботів, оптимізація траєкторії руху вихідної ланки робота-верстата» - огляд літератури, викладений у першому розділі роботи, вказує на необхідність вирішення недоліків переміщення платформи.

Зворотня задача кінематики. Нехай узагальненими координатами $q_1, q_2 - q_8$ є довжини стрижнів $Aa, Bb - Dd$ відповідно. Нехай також в нерухомій в декартовій системі координат $OXYZ$ координати точок $ABCD$ дорівнюють $I(X_I, Y_I, Z_I)$, а точок $abcd - i(x_i, y_i, z_i)$, де $I \in (A, B, C, D), I \in \{A, B, C, D\}, i \in \{a, b, c, d\}$ [38].

У введених позначення рішення оберненої задачі кінематики для оптопода дає наступна система рівнянь:

$$\begin{aligned}
q_1 &= (X_A - X_a)^2 + (Y_A - Y_a)^2 + (Z_A - Z_a)^2; \\
q_2 &= (X_B - X_b)^2 + (Y_B - Y_b)^2 + (Z_B - Z_b)^2; \\
q_3 &= (X_C - X_c)^2 + (Y_C - Y_c)^2 + (Z_C - Z_c)^2; \\
q_4 &= (X_D - X_d)^2 + (Y_D - Y_d)^2 + (Z_D - Z_d)^2. \\
q_5 &= (X_A - X_b)^2 + (Y_A - Y_b)^2 + (Z_A - Z_b)^2. \\
q_6 &= (X_B - X_c)^2 + (Y_B - Y_c)^2 + (Z_B - Z_c)^2. \\
q_7 &= (X_C - X_d)^2 + (Y_C - Y_d)^2 + (Z_C - Z_d)^2. \\
q_8 &= (X_D - X_a)^2 + (Y_D - Y_a)^2 + (Z_D - Z_a)^2.
\end{aligned}
\tag{2.1}$$



Малюнок 2.3 – Схема оптопода

Положення шарнірів A_1, A_2, A_3, A_4 в системі координат $AXYZ$ визначається векторами

$$A_i = (A_{i1}, A_{i2}, A_{i3}), i \in [1; 8]. \tag{2.2}$$

Аналогічно, положення шарнірів B_1, B_2, B_3, B_4 в системі координат $Bxyz$ визначається векторами

$$B_i = (B_{i1}, B_{i2}, B_{i3}), i \in [1; 8]. \quad (2.3)$$

Положення платформи щодо заснування визначається кутами Ейлера $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ і вектором $Y = (0, BI = h, 0)$.

Таким чином, геометричні співвідношення між системами координат $AXYZ, Bxyz$ можна представити у вигляді (4×4) матриці однорідних перетворень

$$T = T(h, \varphi_1, \varphi_2, \varphi_3) = \begin{bmatrix} a_{1,1} & a_{1,2} & a_{1,3} & 0 \\ a_{2,1} & a_{2,2} & a_{2,3} & h \\ a_{3,1} & a_{3,2} & a_{3,3} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.4)$$

де компоненти матриці виражаються через кути Ейлера, послідовні повороти близько осей.

Вираз для швидкостей і прискорень штанг $l_1, l_2, l_3, l_4, l_5, l_6, l_7, l_8$ точок B_1, B_2, B_3, B_4 можна знайти диференціюючи і двічі диференціюючи по $h, \varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ вираження (). Однак ці вирази виявляються занадто громіздкими і мало придатними для практичного використання. Дослідження і прискорень кінців штанг $l_1, l_2, l_3, l_4, l_5, l_6, l_7, l_8$ простіше робити за допомогою математичного моделювання, наприклад з використанням програмної системи MATLAB

У третьому розділі: «Розробка системи управління роботом-оптоподом» - У порівнянні з послідовними роботами управління паралельними роботами-верстатами є в багатьох аспектах непростим завданням. Це, перш за все, пов'язано з більш складною структурою і наявністю особливих положень, в яких механізм втрачає властивості лінійності. Управління на базі нейронних мереж будується в два етапи. Перший етап

- Процес навчання (рис. 3.1). З об'єкта управління отримуємо два сигнали: 1 величина переміщення ланки 2 відносно ланки 3; 4 - величина керуючого сигналу, (наприклад, напруга на електроприводі). на вхід

нейронної мережі (НС) подається величина відносного переміщення, вихід НС 6 має дорівнювати керуючому сигналу. За величиною неузгодженості між виходом 6 і сигналом 4 проводиться навчання НС 5[50].

Другий етап - побудова контуру управління (мал. 3.2). Виділяється деякий блок управління (БУ), який видає величину відносного переміщення 1 виходячи з траєкторії руху. НС на виході формує величину керуючого сигналу 3. Передбачається наявність зворотного зв'язку для подальшої донастройки НС. Як сигнал помилки виступає сигнал неузгодженості 4 між бажаною величиною 1 і дійсним значенням відносного переміщення 2[50].

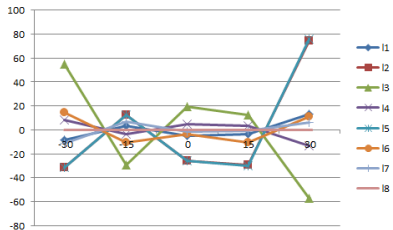
На виробництві, де працюють різні верстати з числовим програмним управлінням, використовується безліч різного програмного забезпечення, але в більшості випадків весь керуючий софт використовує один і той же керуючий код. Програмне забезпечення для мобільних верстатів-роботів, так само базується на аналогічному коді. У побуті його називають «G-код».

На основі розв'язання оберненої задачі кінематики для оптопод знайдемо оптимальну траєкторію руху вихідної ланки робота-верстата. Найпростішим варіантом переміщення вихідної ланки від однієї точки до іншої є траєкторія, представлена у вигляді прямої. У цьому випадку рівняння руху вихідної ланки робота-верстата може бути представлено у вигляді:

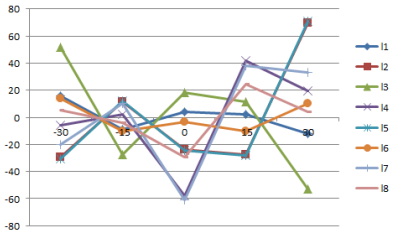
$$\begin{cases} x_i = f_x(l_1 l_2 l_3 l_4 l_5 l_6 l_7 l_8) \\ y_i = f_y(l_1 l_2 l_3 l_4 l_5 l_6 l_7 l_8) \\ z_i = f_z(l_1 l_2 l_3 l_4 l_5 l_6 l_7 l_8) \end{cases}$$

Для пошуку найкоротшого переміщення знайдемо мінімальне переміщення кожної штанги для кожного кута повороту платформи по всій траєкторій ходу інструменту.

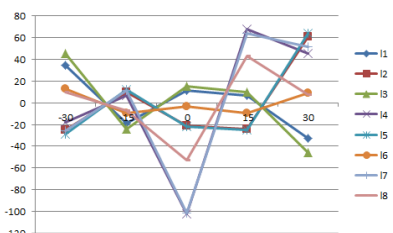
Графіки залежності змінення довжин штанг від повороту платформи, при переміщенні вихідного ланки з однієї довільної точки в іншу, може мати вигляд, представлений в таблиці 3.8 – 3.16 і на малюнку 3.6-3.14.



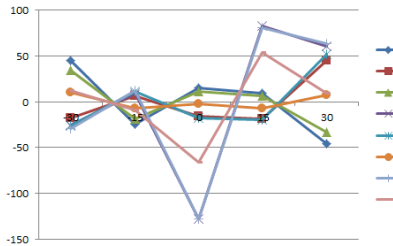
Малюнок 3.6 – Графік залежності зміни довжина штаги від кута повороту платформи (при $X=200$)



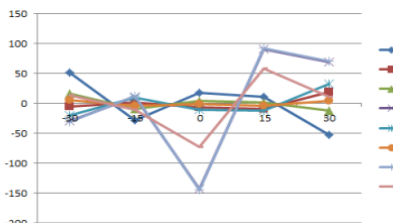
Малюнок 3.7 – Графік залежності зміни довжина штаги від кута повороту платформи



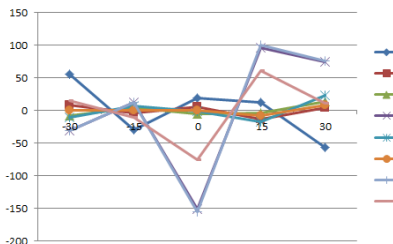
Малюнок 3.7 – Графік залежності зміни довжина штаги від кута повороту платформи (при $X=400$)



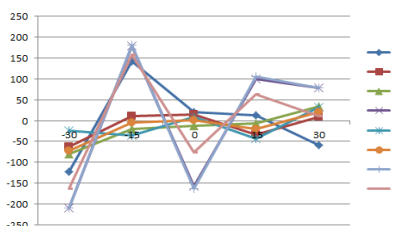
Малюнок 3.8 – Графік залежності зміни довжина штаги від кута повороту платформи (при $X=600$)



Малюнок 3.9 – Графік залежності зміни довжина штаги від кута повороту платформи (при $X=800$)



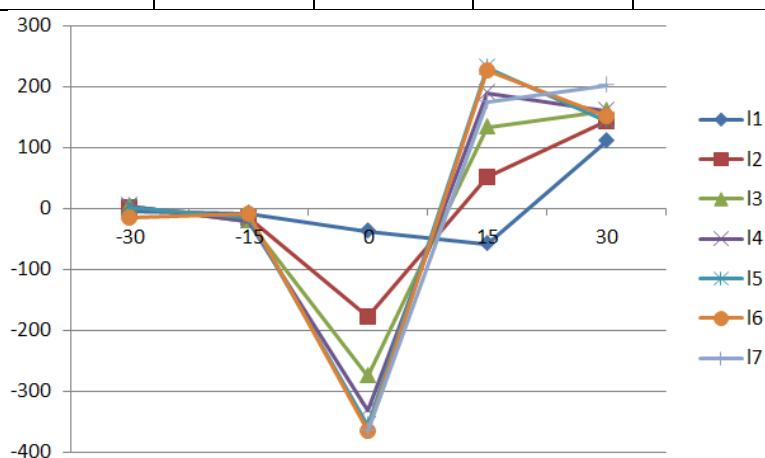
Малюнок 3.10 – Графік залежності зміни довжина штаги від кута повороту платформи (при $X=1000$)



Малюнок 3.12 – Графік залежності зміни довжина штаги від кута повороту платформи (при $X=1200$)

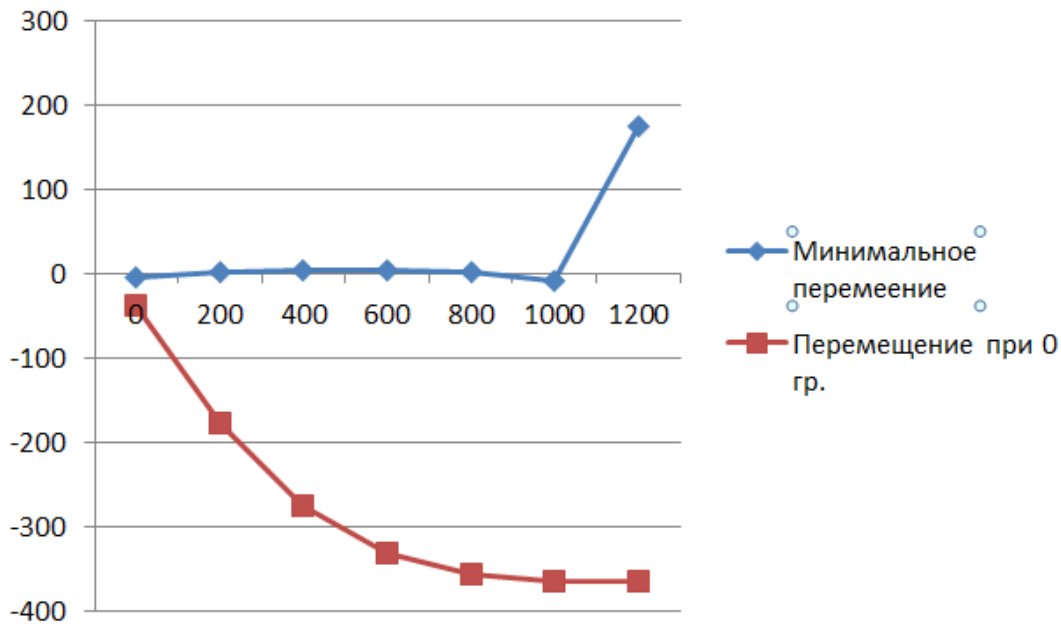
Таблиця 3.14 - Визначення мінімального переміщення через суму мінімумів

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
α_1	-4,696863	0,557989	4,538804	4,538805	0,557987	-14,700761	-946,38071
α_2	-8,950102	-16,148094	-20,830736	-20,830732	-16,14809	-8,946176	609,44494
α_3	-37,372699	-177,92027	-276,35557	-331,53397	-357,45403	-365,67046	-365,69893
α_4	-58,958454	51,23686	132,8248	188,0032	230,77062	227,09435	174,21841
α_5	109,97812	142,27351	159,8227	159,8227	142,27351	152,22305	201,81951
$\sum min$	-4,696863	0,557989	4,538804	4,538805	0,557987	-8,946176	174,21841



Малюнок 3.13 – Графік залежності переміщення від кута повороту платформи

Для отримання оптимального переміщення вибір падає на суму яка прямує до нуля. Ідеальній варіант буде якщо сума мінімумом буде дорівнювати нулю, але такого результату не можливо добути, бо система має нелінійне переміщення штанг. Тому для знаходження оптимального руху платформи при обробці поверхні треба будувати траєкторію переміщення.



Малюнок 3.14 – Графік залежності сумарного переміщення при оптимальному та при будь-якому переміщенні

В четвертому розділі: «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 заробітну плату;
- Економії накладних витрат;
- 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 відділі головного технолога.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ І РЕЗУЛЬТАТИ

Проаналізовано попередній досвід дослідження і побудови роботів-верстатів з паралельною кінематикою і обґрунтована актуальність

застосування даного типу обладнання для остаточної обробки деталей складної геометрії

Розроблено математичну модель визначення оптимальної траєкторії вихідної ланки, заснована на критеріях мінімізації величини зміни довжини приводного стрижня і витрати енергії, що дозволило поліпшити якість роботи робота-оптопода.

Розроблено метод динамічного аналізу робота-оптопод на основі рівнянь Лагранжа, що дозволяє визначити зусилля уздовж шести стрижнів і синтезувати потім структуру багатозв'язного регулятора.

Розроблено математичну модель динамічних процесів, що відбуваються в роботі-верстаті з паралельної кінематикою (оптопод), що дозволяє визначити і скорегувати помилки позиціонування центру платформи і штанг оптопода, а також зменшити зусилля, що подаються на штанги.

Розроблено алгоритм навчання розподіленої нейронної мережі, заснований на комбінуванні методу зворотного поширення помилки і методу імітації відпалу з метою мінімізації величини помилки переміщення вихідної ланки робота

Розроблено інструментальні засоби проектування, що забезпечують кероване рух вихідної ланки на основі інтелектуальних алгоритмів і з урахуванням корекції помилок позиціонування центру платформи і приводних штанг

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИПЛОМА

Всього за результатами досліджень:

1) Оpubліковано статті:

Ковалевський С.В. дослідження факторів впливу параметрів технологічних пристроїв типу "оптопод" на очікувану точність механічної обробки / С.В. Ковалевський, О.А. Бровко // «Студентський Вісник Донбаської державної

машинобудівної академії» збірник наукових праць Донбаської державної машинобудівної академії - Краматорськ: ДДМА, 2016.

Ковалевський С.В. Усовершенствование современного оборудования и внедрение новых станков-приспособлений.// Молода наука. Технологія машинобудування : збірник наукових праць всеукраїнської науково-технічної конференції студентів і молодих вчених / за заг. ред. С. В. Ковалевського, д-ра техн. наук, проф. – Краматорськ : ДДМА, 2015.

– Ковалевський С.В. Можливості пакету динамічного моделювання LMS Imagine.Lab AMESim SE для використання в дипломному проектуванні / С.В. Ковалевський, В.В. Ємець // «Якість освіти – управління, сертифікація, визнання» збірник наукових праць - Краматорськ: ДДМА, 2016.

2) Результати дослідження повідомлені на:

– «Нейромережеві технології та їх застосування НСТіП-2015» збірник наукових праць - Краматорськ: ДДМА, 2016.

– «Студентський Вісник Донбаської державної машинобудівної академії» збірник наукових праць Донбаської державної машинобудівної академії - Краматорськ: ДДМА, 2016.

– Молода наука. Технологія машинобудування : збірник наукових праць всеукраїнської науково-технічної конференції студентів і молодих вчених / за заг. ред. С. В. Ковалевського, д-ра техн. наук, проф. – Краматорськ : ДДМА, 2016.

– «Якість освіти – управління, сертифікація, визнання» збірник наукових праць - Краматорськ: ДДМА, 2016.