

Міністерство освіти і науки України
Донбаська державна машинобудівна академія
Кафедра комп'ютеризовані мехатронні системи, інструменти та технології

Волікова Тетяна Миколаївна

УДК 62-83:62-50

**РОЗШИРЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ЗУБОРІЗАЛЬНОГО ВЕРСТАТА
ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ СХЕМ
ФОРМОУТВОРЕННЯ**

Спеціальність 8.5070204 – Металорізальні системи і верстати

Автореферат
магістерської роботи

Краматорськ – 2017

Магістерська робота є рукописом

Робота виконана на кафедрі: «Комп'ютеризовані мехатронні системи, інструмент і технології» Донбаської державної машинобудівної академії Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник:

Клочко Олександр Олександрович
Доктор технічних наук Донбаська
державна машинобудівна академія,
Професор кафедри «Комп'ютеризовані
мехатронні системи, інструменти та
технології»

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Виробництво важкого металургійного, енергетичного, транспортного обладнання є основою машинобудування України та важливою складовою частиною її експорту. Постійне удосконалення металорізального обладнання потребує високого рівня точності їх складових частин, в цілісності, зубчатих коліс. Сучасні вертикально-фрезерні обробляючі центри здатні працювати на високих скоростях різання, при цьому зубчаті колеса, які входять до складу їх редукторів повинні мати високу плавність та зносостійкість, щоб в процесі фрезерування забезпечити високу точність поверхні. Даний напрямок практично не вивчений вітчизняними авторами, тому потребує наукових розробок та дослідів. Для виготовлення важких машин, конкурентоспроможних на світовому ринку, актуальною проблемою є підвищення показників міцності відповідних конструкційних матеріалів, роботоздатності і ресурсу великогабаритних деталей за рахунок застосування нових ефективних технологій, оснащення машинобудівних підприємств сучасним технологічним обладнанням і різальним інструментом з використанням результатів наукових досліджень і розробок. З розвитком промисловості посилюються вимоги до машин, підвищення точності і якості їх виготовлення, впровадження нових міцних матеріалів, які дають можливість досягнення підвищеного рівня експлуатаційних характеристик.

Мета і задачі дослідження.

Мета роботи: Розширення можливостей зуборізного верстата шляхом застосування альтернативних схем формоутворення.

Задачі дослідження:

- 1) Розрахувати граничні режими різання для різних методів зубообробки;
- 2) Розрахувати параметри точності;
- 3) Розрахувати привід головного руху;
- 4) Розрахувати зубчаті колеса на контактні напруги і напруги згину ;

- 5) Розрахувати вали на міцність і жорсткість;
- 6) Спроекувати пристосування;
- 7) Розробити систему керування.

Об'єкт дослідження: зубофрезерний верстат с ЧПУ моделі 53A50MФ6.

Предмет дослідження: Розширення можливостей зуборізного верстата шляхом застосування альтернативних схем формоутворення.

Методи дослідження. Рішення перерахованих задач виконано на основі загальних положеннях і методах теорії різання

Наукова новизна:

- 1) Удосконалена схема формоутворення циліндричних коліс за рахунок повороту осі шпинделя з забезпеченням його тангенціальної подачі;
- 2) Розроблена графічна модель по визначенню мінімального числа проходів в залежності від степені точності зубчатих арочних коліс.

Практичне значення отриманих результатів.

Створено нове спеціальне пристосування для нарізання коліс з арочними зубами.

Особистий внесок здобувача. Розроблено спеціальне пристосування з різцевою головкою для нарізання коліс з арочними зубами на універсально-фрезерних верстатах.

Апробація результатів роботи. Результати роботи доповідались на щорічній науково-технічній конференції професорсько-викладацького складу, аспірантів та студентів.

Публікації. За результатами магістерської роботи підготовлена до публікації одна стаття.

Структура та обсяг роботи. Робота складається зі вступу, 6 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел зі 78 найменувань та одного додатка. Загальний обсяг роботи складає 138 сторінок, в тому числі, 39 рисунків, 15 таблиць та 58 формул.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** сформульована мета і завдання дослідження, об'єкт, предмет і методи дослідження, наукова новизна та практичне значення одержаних результатів.

У **першому розділі** було розглянуто призначення, існуючі види зубчатих передач та методи формоутворення зубчатих коліс.

Зубчаста передача - це механізм, який за допомогою зубчастого зачеплення передає або перетворює рух зі зміною кутових швидкостей і моментів.

Зубчаста пара складається з шестерні і колеса. У більшості випадків шестерня є провідним елементом зубчастої пари, а колесо - веденим, хоча зустрічається і зворотнє співвідношення. Зазвичай шестерня має менший діаметр.

Зубчасті колеса розрізняються за формою зубчастого вінця, по взаємному розташуванню валів, за формою зуба щодо осі колеса, за формою профілю зуба, по різних відхиленнях від стандартного профілю і т.д. Кожне поєднання перерахованих геометричних особливостей має свої особливості вибору конструкції, матеріалу і виготовлення колеса.

Зубчасті передачі можуть відрізнятися за умовами роботи зубчастого зачеплення. Вони можуть бути як відкритими, так і закритими. Відкриті передачі не захищені від попадання забруднюючих речовин і працюють в умовах з мізерною мастилом густої консистенції, або взагалі без змащення.

Циліндричні зубчасті колеса

Як видно з таблиці 1.1 прямозубими можуть бути як циліндричні, так і конічні колеса.

Прямозубі колеса застосовують в наступних випадках:

- 1) при невисоких і середніх окружних швидкостях;
- 2) при великій твердості зубів (коли динамічні навантаження від неточностей виготовлення невеликі в порівнянні з корисними);
- 3) також застосовуються в відкритих і планетарних передачах.

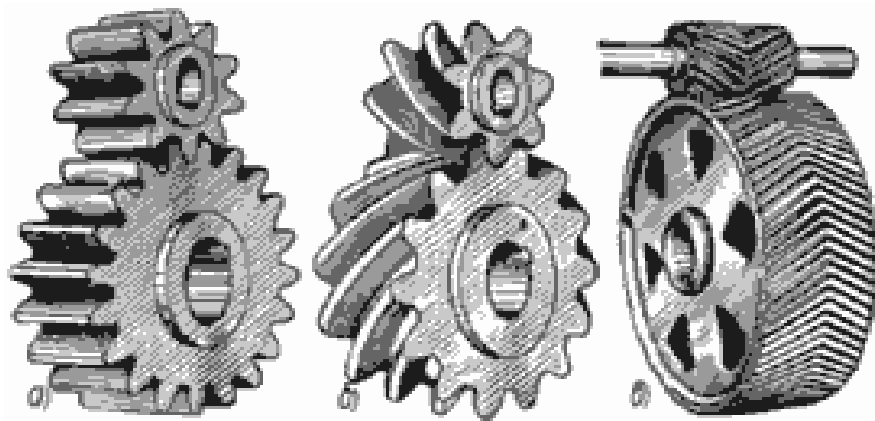


Рисунок 1 – Прямозубі колеса: а) циліндричне, б) косозубе, в) шевронне

Косозуба передача використовується зазвичай в таких випадках:

- 1) якщо не можна підібрати циліндричну прямозубу пару зі стандартним модулем при заданих міжосьовій відстані і передавальному відношенні;
- 2) в разі необхідності мати мале колесо з невеликим числом зубів при одночасно високих вимогах до плавності і рівномірності передачі;
- 3) при підвищених окружних швидкостях коліс (при середніх і високих швидкостях) і вимогах щодо безшумності передачі;
- 4) при великих передавальних відносинах

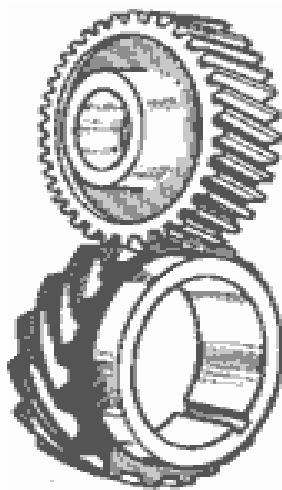


Рисунок 2 – Косозубі колеса

Конічні зубчасті колеса

Прямозубі конічні колеса застосовують при невисоких окружних швидкостях (до 2 ... 3 м/с, допустимо до 8 м/с). При більш високих швидкостях доцільно застосовувати колеса з круговими зубами, які забезпечують більш плавне зачеплення, менший шум, велику несучу здатність і більш технологічні. Прямозубі конічні передачі забезпечують передавальне відношення до 3.

При окружних швидкостях, великих 3 м/с, в конічних редукторах застосовують зубчасті передачі з косими або криволінійними зубами, які завдяки поступовому входу в зачеплення і меншою зміною величини деформації зубів в процесі зачеплення, працюють з меншим шумом і меншими динамічними навантаженнями. Крім того, зубчасті колеса з косими або криволінійними зубами краще працюють на вигин, ніж прямозубі. Однак для повного контакту зубів цих передач потрібно прилягання зубів не тільки по їх ширині, але і по висоті, що підвищує вимоги до виготовлення косозубих передач і коліс з криволінійними зубами. Завдяки своїм перевагам такі передачі можуть застосовуватися при передавальних відношеннях до 5 і навіть вище.

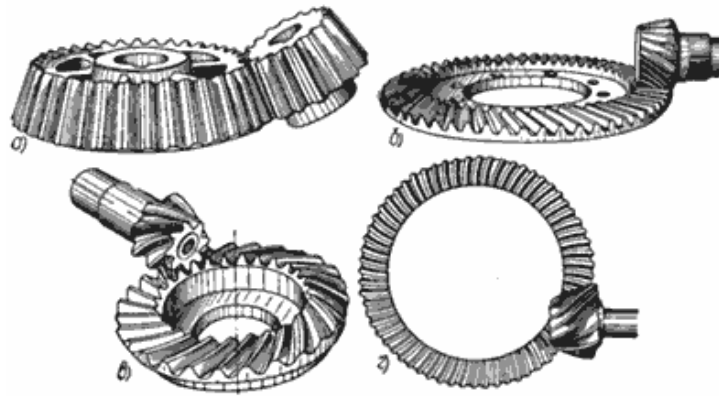


Рисунок 3 – Колеса: а) з прямими зубами, б) з косими зубами, в) з криволінійними зубами, г) конічна геподна передача

Способи формоутворення зубів зубчастих коліс займають самостійне місце в загальній класифікації методів механічної обробки. Класифікація основних методів формоутворення зубчастих поверхонь і їх можливості щодо забезпечення ступенів точності і шорсткості. Сюди включені всі види механічної обробки за допомогою лезвійного інструменту (зубодовбання, зуботочіння, зубопротягування, зубофрезерування), оздоблювальні операції (шліфування, шевінгування, обкатування зубів і т.д.), а також холодне накочення зубів як вид обробки тиском.

Як правило, обробка зубчастих коліс здійснюється на зубооброблюючих верстатах (зубостругальних, зубодовбальних, зубофрезерних, зубошліфувальних і т.п.) ріжучими інструментами спеціальних конструкцій (довб'яки, різці, протяжки, модульні та черв'ячні фрези, абразивні круги, і т.д.). Технологічний процес зубонарізування можна уявити як виконання ряду послідовних етапів:

- чорнова або попередня нарізка зубів;
- чистова нарізка зубів;
- обробка зубів.

Процес зубонарізування має такі особливості:

1. Перетин зрізаного шару змінюється за час обробки заготовки одним зубом. Крім того, необхідно враховувати, що в роботі беруть участь одночасно кілька зубів;

2. Різні ділянки леза неоднаково навантажуються, так як вони зрізують шари різного перетину і мають різну швидкість різання;

3. Оптимальна геометрія не може бути забезпечена, так як інструменти мають дуже складну форму і здійснюють складні рухи. Тому геометричні параметри призначають виходячи з принципу збереження точності профілю інструменту при його переточуваннях.

В залежності від конструкції зубчастого колеса, форми його зубів, вимог до точності та чистоти поверхонь і обсягу виробництва застосовуються різні способи його виготовлення і, відповідно, різні зуборізні інструменти.

Отримати зуби необхідної якості і до того ж досить економічно можна тільки при правильному виборі методу обробки. В основі отримання цих профілів використовують два принципово різних методи формоутворення: копіювання і обкату. Обидва методи використовуються на різних зубооброблюючих верстатах.

При методі копіювання застосовують інструменти, профіль ріжучої кромки яких збігається з профілем западини і при обробці копіюється на заготовці. Складний евольвентний профіль ріжучої кромки такого інструменту дозволяє виконувати обробку за цим методом при мінімальному числі формотворчих рухів на верстатах з простою кінематикою. Недоліком нарізування зубчастих коліс по методу копіювання є низька точність обробки і мала продуктивність, а також необхідність мати набори інструментів для кожного модуля, що складаються з 8, 15 або 26 фрез.

При методі обкату профіль ріжучої кромки відрізняється від профілю западини, яка виходить як огинання декількох послідовних положень інструменту. Ріжуча кромка цього інструменту при обробці евольвентного профілю отримує додаткові рухи формоутворення, що ускладнює кінематичну схему верстата.

Таким чином, всі зубообробні інструменти можуть бути розділені на інструменти, що працюють за методом копіювання, і інструменти, що працюють за методом обкату.

У другому розділі була представлена методика проведення дослідження.

У третьому розділі було проведено: розрахунки граничних режимів різання для різних методів зубообробки; кінематичний розрахунок головного руху; розрахунки на міцність приводу головного руху; перевірочний розрахунок зубчастих передач; перевірочний розрахунок валів; вибір підшипників кочення; перевірочний розрахунок підшипників. По результатах всіх перевірочних розрахунків було спроектовано спеціальне пристосування для нарізання коліс з арочним зубом.

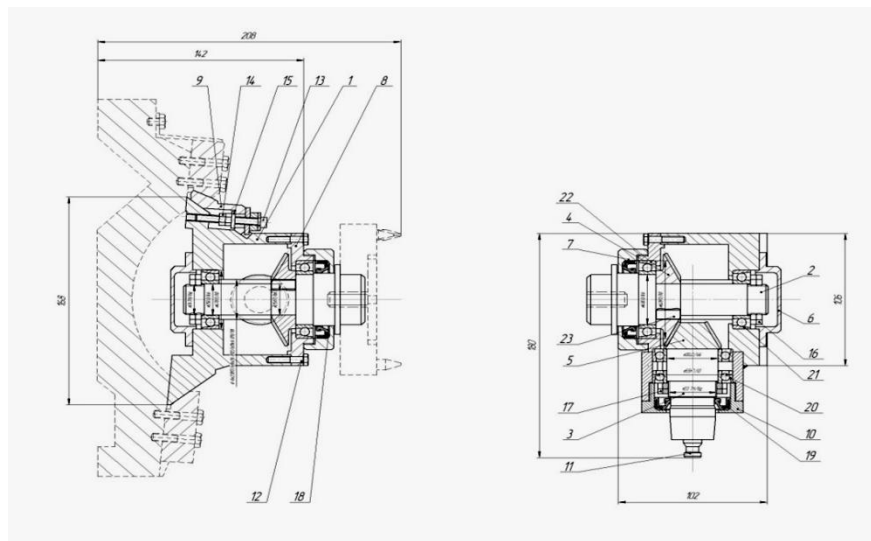


Рисунок 4 – Пристосування спеціальне для нарізання коліс з арочним зубом

У четвертому розділі було розроблена компоновальна і структурна схеми верстата показані на рисунку.

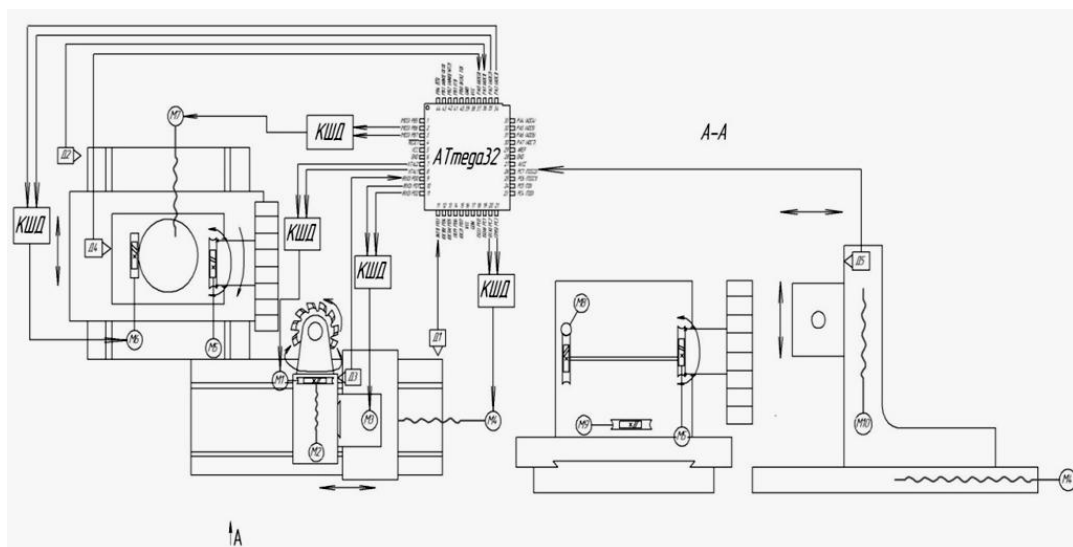


Рисунок 5 - Компоновальна і структурна схеми верстата

Також було обрано кроковий двигун серії FL110STH. Силкові крокові двигуни FL110STH відрізняються високою надійністю, так як в їх конструкції практично відсутні деталі, що зношуються (колектори або струмознімальні кільця). Робочий ресурс двигуна залежить тільки від ресурсу застосованих в ньому підшипників.

Область застосування таких двигунів - токарні, фрезерні шліфувальні, координатно-розточувальні верстати з ЧПУ, пристрої автоматичної подачі, регулятори тиску і витрати, зварювальні автомати, координатні столи для лазерного різання, приводи для вуличних рекламних стендів, спеціальне машинобудування і металургія. Застосування сучасних технологій управління кроковими двигунами дозволяє практично повністю усунути можливість втрати кроків при обробці складних виробів з великою довжиною траєкторії різального інструменту. Аварійне зіткнення рухомих вузлів верстата з перешкодою, в результаті якого відбувається зупинка крокового двигуна, не викликає у нього будь-яких пошкоджень.

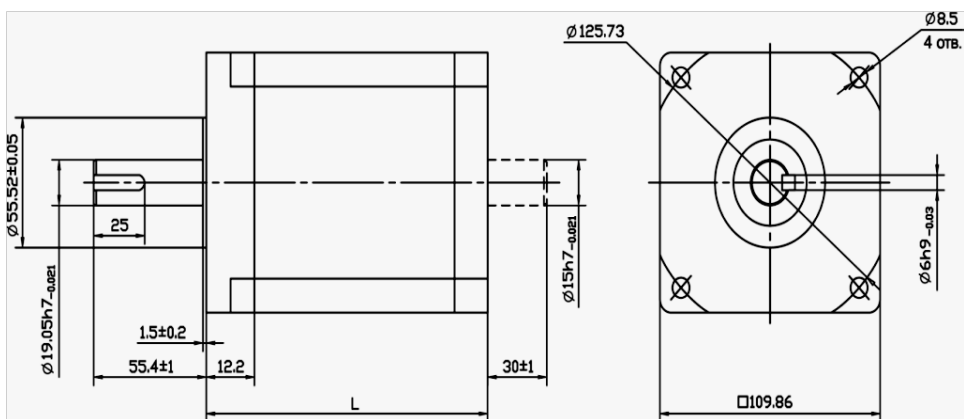


Рисунок 6 - Кроковий двигун серії FL110STH.

Таблиця 1 - Характеристика крокового двигуна моделі FL110STH99-5504A

Струм/ фаза, А	Опір/ фаза, Ом	Індуктивність/ фаза, мГн	Крутильний момент, кг*см	Довжина, мм	Момент інерції ротора, г*см ²	вага, кг
5,5	0,9	12	112	99	5500	5

Для приводу фрези вибираємо асинхронний двигун серії 4A100S2.

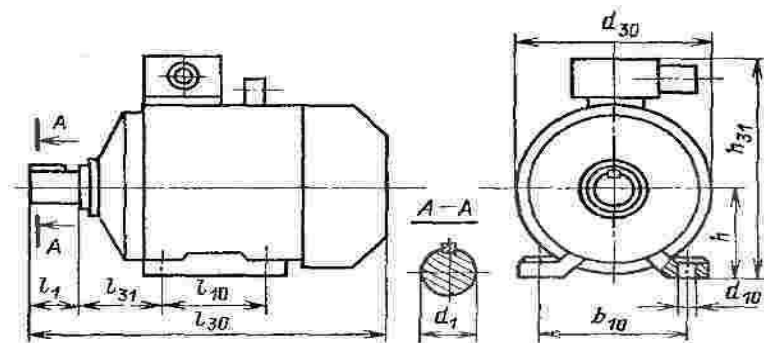


Рисунок 7 - Асинхронний двигун серії 4A100S2.

Таблиця 2 - Параметри двигуна 4A100S2

Потужність, кВт	Ковзання, %	ККД, %	Струм, А	Коефіцієнт потужності, %	Синхронна частота обертання, об/хв
4	4	86,5	7,5	0,89	3000

Як датчик вибираємо індуктивний безконтактний датчик серії LM8-3001NA-L. Він використовується для визначення наявності або контролю положення металевих об'єктів або об'єктів, що мають металеві частини. Індуктивні датчики не реагують на інші матеріали. При появі в зоні спрацювання металевого об'єкта індуктивний датчик замикає або розмикає ланцюг. Індуктивні датчики можуть бути нормально замкнутими або нормально розімкнутими.



Рисунок 8 - Індуктивний безконтактний датчик серії LM8-3001NA-L.

Характеристики:

- напруга живлення, В - 6-36;

- максимальна відстань спрацювання - 1 мм;
- стандартний об'єкт впливу – квадратна залізна пластина розміром 8 мм×8 мм×1 мм;
- частота спрацювання - 500 Гц.

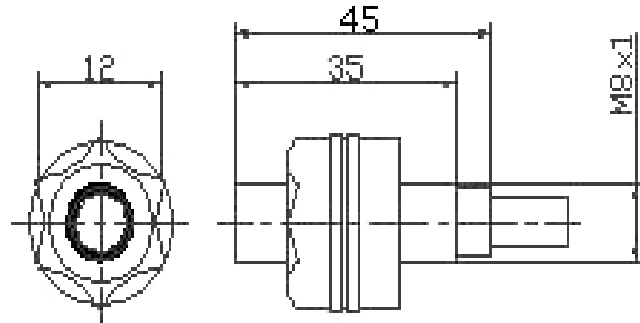


Рисунок 9 - Габаритні розміри датчика.

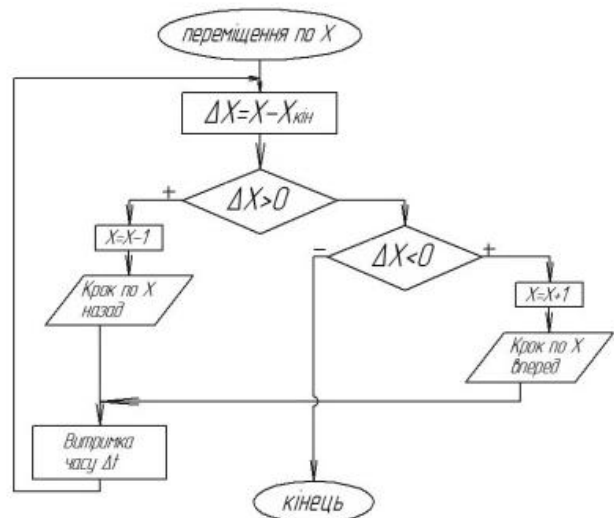
Принцип дії безконтактного індуктивного датчика базується на зміні магнітного поля, що створюється вбудованою в датчик котушкою індуктивності при попаданні в його активну зону металевого об'єкта.

Безконтактні індуктивні датчики мають в своїй конструкції LC-генератор, який створює змінне магнітне поле. При внесенні в це поле металевого об'єкта в ньому виникають вихрові струми, які викликають зміну амплітуди коливань генератора. Аналоговий сигнал, що виробляється залежить від відстані між чутливою поверхнею індуктивного датчика і металевим об'єктом. Для подачі вихідного сигналу в датчику використовується тригер, який перетворює аналоговий сигнал в логічний.

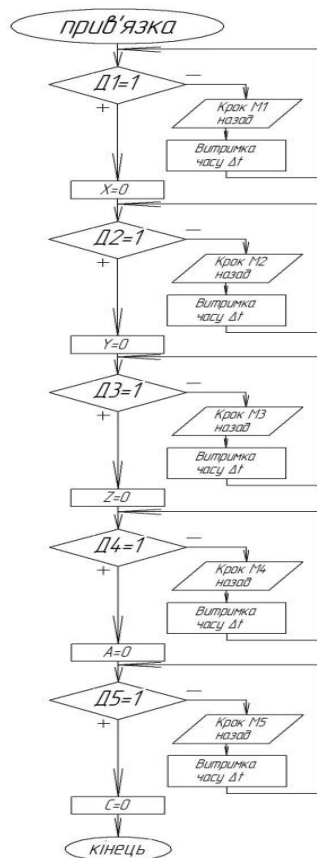
Після було розроблено блок-схеми алгоритму роботи системи управління та розроблена керуюча програма.



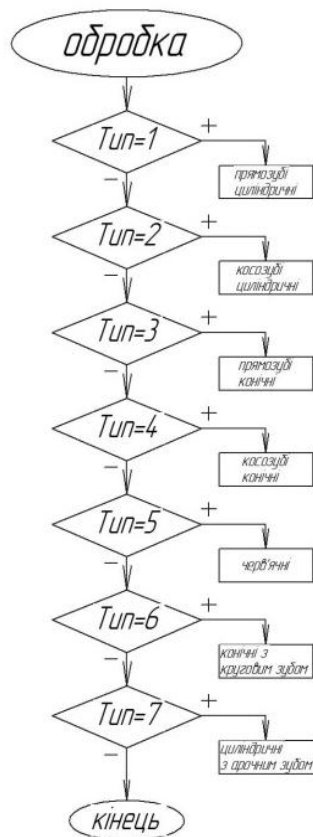
Блок-схема програми



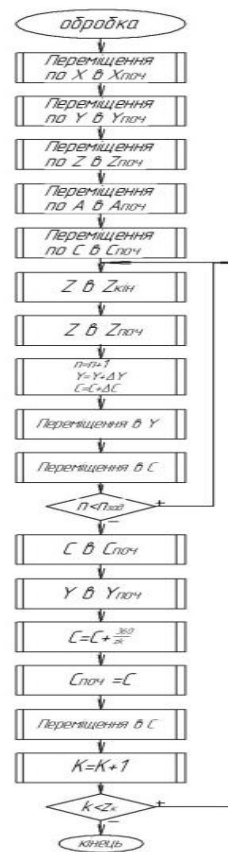
Блок-схема програми на переміщення по осі X



Блок-схема програми прив'язки



Блок-схема програми на обробку



У п'ятому розділі проаналізовано техніко-економічні показники проекту.

Таблиця 3 – Техніко-економічні показники роботи

№	Найменування показників, позначення, розмірність	Варіанти		Δ (+ -)
		Базовий	Новий	
1	Встановлена потужність, $N_{уст}$, Квт	12,5	12,5	-
2	Режим роботи обладнання (к-ть змін)	2 зміни		-
3	Зміна фонду часу роботи, $I_{ф.ч}$, %	100%	100%	-
4	Зміна продуктивності роботи, $I_{пр}$, %	100%	120%	20%
5	Зміна споживання ел.енергії, $I_{сп.е}$, %	100%	100%	-
6	Вартість машини $C_{маш}$, грн.	589950	871934	+ 281984
7	Вартість капіталовкладень, $K_{зав}$, грн.	1297890	1579874	+ 281984
8	Фонд часу роботи машини, Φ_E , год.	3800	3800	-
9	Собівартість річного випуску, $C_{п.р\kern 0.08em \text{ік}}$, грн.	12365597	14847436	+2481839
10	Чистий прибуток, $P_{чист}$, грн.	2534947	3576376	+1041429
11	Чистий прибуток за модернізацію, $P_{чист.мод}$, грн.	1267474	1788188	+520714
12	Економічна ефективність, $\Delta C_{п.р\kern 0.08em \text{ік}}$, грн.	-2068199		-
13	Економічний ефект, $\Delta Z_{прив}$, грн.	-2187791		-
14	Термін окупності коштів на модернізацію, $T_{ок.мод}$, років	0,6		-

У шостому розділі проведений аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів, запропоновані заходи щодо виробничої санітарії, заходи щодо технічної безпеки, розглянута безпека при надзвичайних ситуаціях

ВИСНОВКИ

У першому розділі були розглянуті основні теоретичні відомості про зубчаті колеса, зубчаті передачі та область їх використання, їх недоліки та переваги. Було наведено основні засоби та методи зубообробки. На основі цього була обґрунтовано поставлена у дипломі проблема та виконаний аналіз її стану.

Також були сформульовані мета об'єкт та предмет роботи, сформульовані задачі.

В третьому розділі було спроектовано спеціальне пристосування для нарізання коліс з арочним зубом. А також приведено:

- розрахунки граничних режимів різання для різних методів зубообробки;
- кінематичний розрахунок головного руху;
- розрахунки на міцність приводу головного руху;
- перевірочний розрахунок зубчастих передач;
- перевірочний розрахунок валів;
- вибір підшипників кочення;
- перевірочний розрахунок підшипників.

У четвертому розділі були розроблені компоновальна і структурна схеми верстата. Було зроблено обґрунтований вибір типів датчиків та двигунів. Розроблено блок-схеми до програми управління верстатом.

На основі блок-схем була створена система управління універсальним зуборізним верстатом для обробки деталей пальцевою фрезою. Саме такою фрезою ми можемо в 2 проходи нарізати 4 або більше модулів профілю зуба.

Проаналізувавши ринок збуту та переваги нового пристрою було визначено собівартість та чистий прибуток від випуску продукції. Таким чином доцільно зазначити що проект є економічно доцільним, так як мається приріст чистого прибутку (+520714), а термін окупності капіталовкладень невеликий (0,6 року). Отже модернізація, направлена на розширення асортименту виготовленого верстатом більш дорогої по ціні продукції, являється раціональною.

У шостому розділі нами були проаналізовані: небезпечні та шкідливі виробничі фактори, заходи з промислової санітарії, заходи з техніки безпеки та безпека при надзвичайних ситуаціях. Було розраховано систему захисного заземлення і по результатам розрахунку було зроблено висновок, що пристрій був спроектований вірно. Також було розраховано тиск ударної хвилі для оцінки стійкості об'єктів до ударної хвилі. По результатам оцінки було складено таблицю до якої було занесено умовними позначеннями ступеня руйнування елементів об'єкта при різних надлишкових тисках ударної хвилі. Визначена межа стійкості кожного елемента об'єкта, як кордон між слабким і середнім руйнуванням. По результатам складеної таблиці було зроблено висновок, що деякі елементи виявилися нестійкими, тому були розроблені заходи щодо підвищення стійкості роботи об'єкта в умовах НС.

АНОТАЦІЯ

Волікова Тетяна Миколаївна: Розширення можливостей зуборізального верстата шляхом застосування альтернативних схем формоутворення - Рукопис.

Магістерська робота на отримання академічного ступеня магістра за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування. - Донбаська державна машинобудівна академія. Краматорськ, 2017.

Магістерська робота Розширення можливостей зуборізального верстата шляхом застосування альтернативних схем формоутворення.

В основу роботи покладено розробку спеціального пристосування для нарізання коліс з арочними зубами на універсально-зубофрезерних верстатах. Розроблена програма управління станком для нарізання різних видів зубчатих коліс. Застосування спеціального пристосування дозволить отримати високу продуктивність та точність обробки зубчатих коліс з арочними зубами.

Ключові слова: формоутворення, верстат, спеціальне пристосування, зубофрезерування, арочний зуб.

ABSTRACT

Volikova Tatiana: Extending zuborizalnoho machine through alternative circuits forming - Manuscript.

Master's thesis for the academic degree of master's degree in Engineering Sector 133. - Donbass State Engineering Academy. Kramatorsk, 2017.

Master's thesis Extending zuborizalnoho machine through alternative circuits forming.

The work was based development of a special device for cutting wheels with arched teeth on universal gear hobbing machines. The program slicing machine control different types of gears. The use of a special device will provide high performance and precision machining gears with arched teeth.

Keywords: Formation, unit, special accessories, zubofrezeruvannya, arched tooth.