

Міністерство освіти і науки України  
Донбаська державна машинобудівна академія (ДДМА)

# **МЕХАТРОНІКА**

**Методичні вказівки  
до виконання курсового проекту з дисципліни**

**для студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»  
денної форми навчання**

Затверджено  
на засіданні  
методичної ради  
Протокол №      від

Краматорськ  
ДДМА  
2019

УДК

Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Мехатроніка» для студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» / уклад. : М.С. Мельник, А.В. Коваленко. – Краматорськ: ДДМА, 2019. – 18 с.

Містить порядок виконання курсового проекту. Наведено короткі теоретичні відомості, деякі довідкові дані, приклад виконання, завдання на розробку.

Упоряд.

М.С.Мельнік, доц.

А.В. Коваленко, асист.

Відп. за випуск

Я. В. Васильченко, доц.

## **ЗМІСТ**

ЗМІСТ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ І ГРАФІЧНОЇ ЧАСТИНИ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ .....	4
ЗМІСТ РОЗДІЛІВ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ .....	5
ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ РОБОТИ.....	9
ЗАВДАННЯ .....	15
ЛІТЕРАТУРА .....	17

**Мета виконання курсового проекту** - закріплення і контроль знань студентів, отриманих в курсі «Мехатроніка», розвиток конструкторських навичок в області проектування мехатронних верстатів.

## **1. ЗМІСТ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ І ГРАФІЧНОЇ ЧАСТИНИ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ**

1. Зміст;
2. Вступ;
3. Завдання на проектування;
4. Коротка характеристика заданого виробу;
5. Розробка технології обробки виробу і циклу роботи верстата;
6. Розробка схем формоутворення і ескізів технологічних налагоджень;
7. Розробка структурної схеми верстата;
8. Вибір і обґрунтування типів двигунів;
9. Вибір і обґрунтування типів датчиків;
10. Вибір і обґрунтування типу керуючого контролера;
11. Розподіл сигналів по портам контролера;
12. Вибір і обґрунтування установочного пристосування і завантажувально-розвантажувального пристрою;
13. Розробка алгоритму роботи системи управління;
14. Розробка керуючої програми для контролера;
15. Розробка керуючої програми для обробки заданого виробу на верстаті з ЧПУ;
16. Висновок;
17. Перелік посилань;

### **Зміст графічної частини курсового проекту**

Лист 1 (формат А1) - Структурна схема верстата

Лист 2 (формат А1) - Блок-схема алгоритму роботи системи управління

Лист 3 (формат А1) - Робочі технологічні карти обробки заданого виробу на верстаті з ЧПУ

## **2. ЗМІСТ РОЗДІЛІВ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ**

### **2.1. Коротка характеристика виробу**

У цьому пункті наводиться технічне призначення заданого виробу, короткий опис форми поверхонь виробу, оброблюваних на проектованому верстаті. В описі поверхонь і основних розмірів необхідно перерахувати основні розміри, що характеризують виріб і вказати, які з них повинні мати можливість налаштування на проектованому верстаті, а які визначаються розмірами заготовки та інструменту. Крім того, слід попередньо вибрати і описати способи настройки змінюваних розмірів. При подальшому проектуванні ці способи можна коригувати.

У пояснювальній записці повинен бути приведений ескіз заданого виробу з розмірами. Оскільки верстат проектується для виробів однієї форми, але різних розмірів, що змінюються розміри на ескізі слід позначити буквами. Опис даного пункту повинно посилатися на цей ескіз.

### **2. Розробка технології обробки виробу і циклу роботи верстата**

У цьому пункті наводиться докладний опис послідовності всіх дій верстата, необхідних для обробки виробу. При виконанні цього пункту важливо розчленувати технологічну операцію і що входять до неї переходи, на елементарні дії, відповідні простим рухам механізмів верстата. Надалі розроблена послідовність дій буде основою для розробки алгоритму роботи системи управління.

### **3. Розробка схеми формоутворення**

При виконанні цього пункту необхідно вибрати методи отримання заданої поверхні (поверхонь), вибрати інструмент і привести необхідну кількість видів ескізу технологічної наладки. на ескізах налагоджень слід зобразити:

- 1) оброблюваний виріб;
- 2) ріжучий інструмент;
- 3) елементи установочного пристосування, що несуть заготовку;
- 4) елементи верстата, що несуть ріжучий інструмент;
- 5) формотворчих та допоміжні руху з позначками, прийнятими в теорії різання.

#### **4. Розробка структурної схеми верстата**

Користуючись розробленим ескізом технологічної налашки, складаємо структурну схему верстата. Ця схема повинна включати в себе наступні елементи:

- 1) спрощений ескіз налагодження;
- 2) схематичне зображення механізмів, забезпечують всі формотворчих та допоміжні руху верстата;
- 3) схематичне зображення двигунів і датчиків;
- 4) елементи електричної частини приводу;
- 5) елементи системи управління;
- 6) електричні та механічні зв'язку.

Електричні відношення зображують суцільними тонкими лініями з стрілками вказують напрямок поширення сигналу. Механічні відношення зображують штрихпунктирними лініями. після схеми наводяться докладні розшифровки використаних на схемі скорочень.

При розробці структурної схеми верстата слід користуватися принципом побудови мехатронних верстатів, який полягає в наступному: кожне просте рух верстата повинно забезпечуватися окремим приводом і при необхідності контролюватися відповідним датчиком, а все кінематичні зв'язку, необхідні для узгодження окремих рухів, реалізуються програмним способом.

#### **5. Вибір інсталяційного пристосування і завантажувально-розвантажувального пристрою.**

У цьому пункті наводиться короткий опис інсталяційного пристосування, що застосовується для закріплення заготовки, і пристрої або яким чином будуть завантажуватися заготовки і вивантаження готових виробів. Для пристосування і завантажувально-розвантажувального пристрою має бути дано обґрунтування вибору.

Слід звернути увагу на те, що в розробляється верстаті-автоматі пристосування повинно бути автоматизовано, тобто повинно мати власний привід разжима-затиску, який пов'язаний з системою управління верстата і може управлятися програмно. Крім того, пристрій має забезпечувати мінімальний час установки і зняття виробу.

Завантажувально-розвантажувальний пристрій має забезпечувати подачу заготовки до установчого пристосування верстата, орієнтацію заготовки в просторі, установку її в пристосування, і аналогічну процедуру вивантаження готового виробу. Обраний завантажувально-

розвантажувальний пристрій має забезпечувати роботу верстата без участі людини.

## **6. Вибір і обґрунтування типу двигунів і датчиків**

На підставі розробленої структурної схемою верстата необхідно вибрати і обґрунтувати тип кожного двигуна і датчика.

При виборі типу двигуна слід враховувати характер руху, спосіб позиціонування, необхідність і спосіб регулювання швидкості, а також необхідної точності позиціонування і величину навантаження. У мехатронних верстатах можна застосовувати такі типи двигунів:

- 1) асинхронні двигуни змінного струму;
- 2) двигуни постійного струму;
- 3) крокові двигуни;
- 4) лінійні двигуни постійного струму;
- 5) лінійні асинхронні двигуни;
- 6) лінійні крокові двигуни;
- 7) електромагніти;
- 8) пневмо- і гідроциліндри.

Асинхронні двигуни змінного струму - найдешевший і надійний тип електродвигунів. Найбільш придатний для приводу головного руху, а також для позиційного приводу подачі і приводу допоміжних рухів.

Можливе регулювання швидкості обертання шляхом зміни частоти напруги харчування, але для цього потрібно дорогий частотний перетворювач. Механічна характеристика (залежність частоти обертання від навантаження на валу - нежесткая. У стежать приводах подачі застосовувати недоцільно.

Двигуни постійного струму - на відміну від асинхронних двигунів мають більш жорстку механічну характеристику, дозволяють більш простими засобами і в більш широких межах регулювати частоту обертання. Однак ці двигуни найменш надійні, внаслідок наявності ковзають контактів, і більш дорогі в порівнянні з асинхронними. доцільно використовувати в стежать приводах подачі і в шірокорегуліруємих приводах головного руху. При використанні в приводі подачі двигуни постійного струму забезпечують найкраще швидкодію приводу.

Крокові двигуни, на відміну від двох попередніх типів, дозволяють управляти не тільки швидкістю обертання, але і кутовим положенням ротора, що дозволяє в ряді випадків здійснювати точне позиціонування без датчиків зворотнього зв'язку. Ці двигуни надійніші, ніж двигуни

постійного струму, але дещо поступаються їм за динамічними характеристиками. Головна область застосування крокових двигунів - малонавантажених приводи подачі з високою точністю позиціонування, привід ділільних пристроїв, привід роботів і маніпуляторів.

Лінійні двигуни постійного струму, а також лінійні асинхронні і крокові двигуни, є аналогами розглянутих вище типів, але забезпечують не обертальний, а поступальний рух. Їм притаманні ті ж властивості, переваги і недоліки, що і аналогічним типам двигунів обертального руху. Головна перевага лінійних двигунів полягає в тому, що відпадає необхідність застосування перетворюючих механізмів (гвинт-гайка, зубчато-рейкова пара, кривошипно-кулісні механізми і т.п.), що спрощує конструкцію верстата і підвищує швидкість. Істотним недоліком лінійних двигунів є неможливість їх уніфікації, і як наслідок – відсутність дешевих серійно випускаються моделей.

Електромагніти можна розглядати як різновид короткоходового лінійного двигуна. Електромагніт не дозволяє безпосередньо керувати ні швидкістю, ні положенням. Раціональної областю застосування електромагнітного приводу можна вважати привід затиску пристосувань, і дискретні допоміжні переміщення, обмежуються упорами.

Гідро- і пневмоциліндри використовуються в переважно в приводі роботів і маніпуляторів, коли потрібно компактність приводу. Застосування гідроприводу в слідкуючих приводах подачі економічно недоцільно, оскільки вимагає наявності гідростанції і складної гідроапаратури, дорогих лінійних датчиків зворотного зв'язку, і не забезпечує високої точності переміщення.

## **7. Розробка алгоритму роботи системи управління**

У цьому пункті наводиться докладний алгоритм роботи системи управління верстатом. Подання алгоритму може бути в словесній формі або у вигляді блок-схеми. В обох випадках алгоритм повинен бути розписаний з подробицею до елементарних дій контролера.



## ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ РОБОТИ

**Завдання:** розробити структурну схему, систему управління і алгоритм роботи мехатронного верстата-автомата для нарізування зірочок ланцюгових передач з роликівим ланцюгом за допомогою кінцевої фрези.

### 1. Коротка характеристика виробу.

Зірочка є силовим елементом ланцюгової передачі і призначена для перетворення крутного моменту на валу в зусилля на приводний ланцюга, або навпаки. Зуби зірочки мають евольвентний профіль на голівці зуба і радісний в западині, причому радіус западини визначається радіусом ролика приводний ланцюга. Зірочка характеризується наступними параметрами:

- окружний крок;
- число зубів;
- ділильний діаметр;
- радіус западини;
- ширина вінця;

З цих параметрів перші три повинні мати можливість налаштування на проектованому верстаті, що залишилися два визначаються розмірами відповідно інструменту і заготовки.

### 2. Розробка технології обробки виробу і циклу роботи верстата.

Технологічний процес обробки зірочки на проектованому верстаті складається з однієї операції - власне нарізування зубів. Дана операція розділяється на наступні переходи:

- Установка заготовки на установче пристосування верстата;
- Закріплення заготовки в пристосуванні;
- Прорізання однієї западини за методом обкатки;
- Проворот заготовки на один кутовий крок зуба;
- Повтор пунктів 3 і 4 до нарізування заданого числа зубів.

- Розкріплення готового виробу
- Вивантаження готового виробу.

### 3. Розробка схеми формоутворення

Оскільки верстат повинен працювати за методом обкатки, то кінцева фреза повинна виступати в ролі зуба уявної рейки (ролика приводного ланцюга). При цьому для обробки однієї западини інструменту і заготівлі необхідно повідомити наступні рухи: фрезі - обертання навколо власної осі (головний рух різання) і поступальний рух подачі по дотичній до ділильного кола зірочки, що нарізається; заготівлі - обертальний рух обкатки і ділення. Ескіз технологічної наладки показаний на рис. 1.

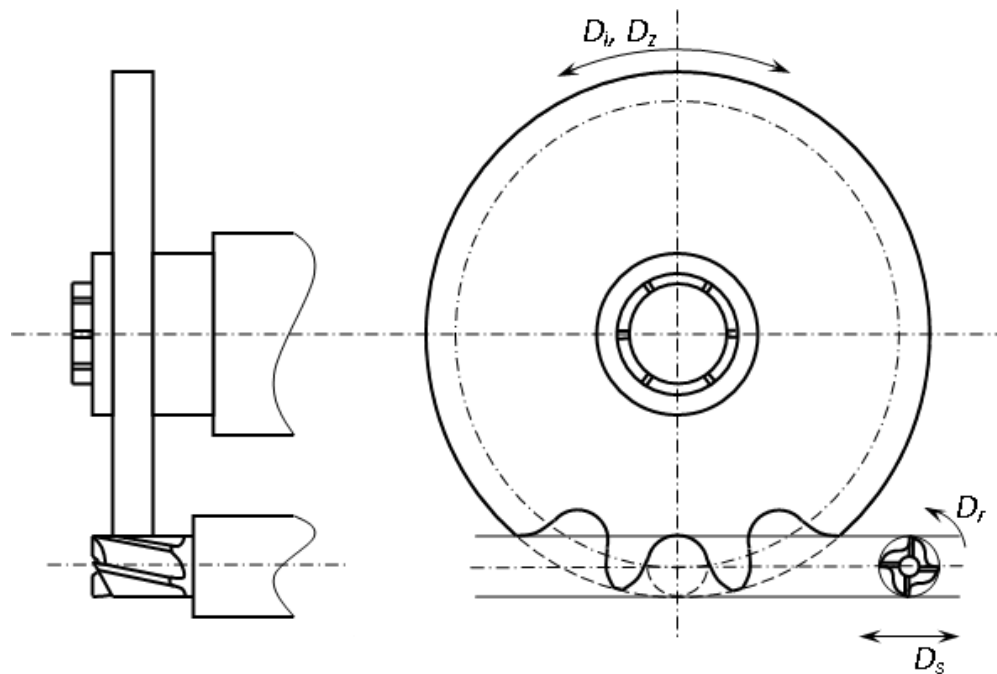


Рисунок 1. - Ескіз технологічної наладки

#### 4. Розробка структурної схеми верстата.

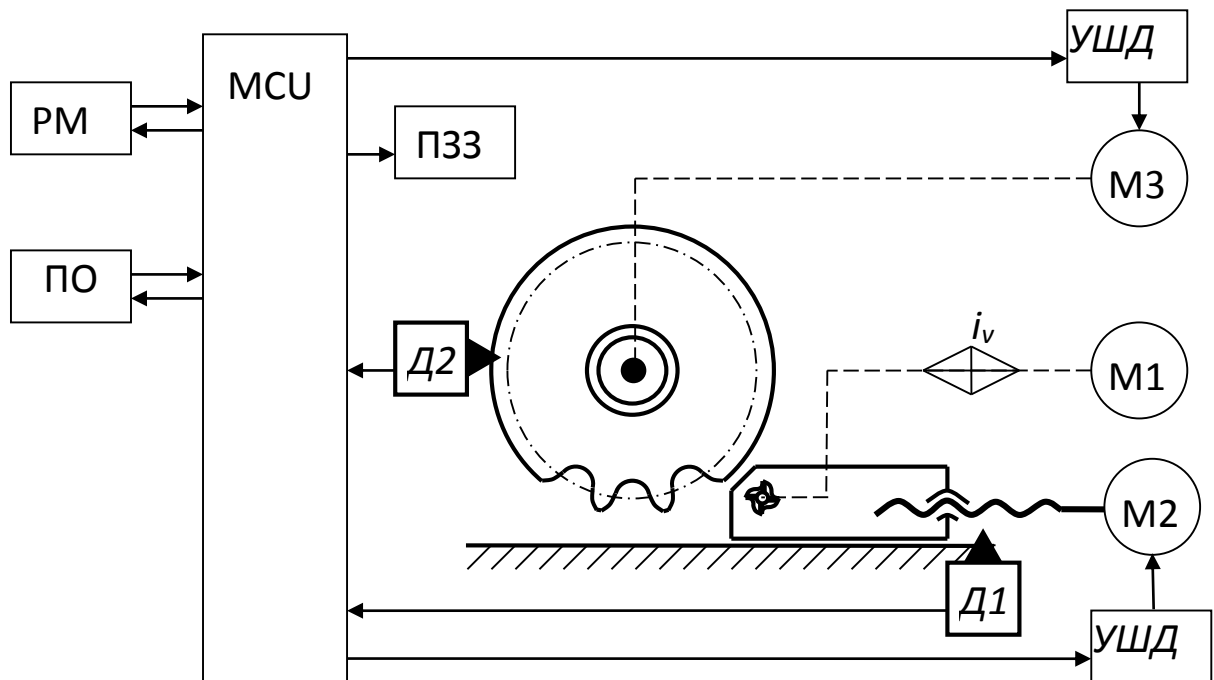


Рисунок 2. Структурна схема верстата

На структурній схемі використані такі позначення:

MCU - мікропроцесорний пристрій;

ПО - панель оператора;

М1 - двигун приводу головного руху;

М2 - двигун приводу подачі фрезерної бабки;

М3 - двигун приводу обертання заготовки;

УШД - підсилювач крокової двигуна;

Д1 - датчик вихідної позиції фрезерної бабки;

Д2 - датчик наявності заготовки;

ПЗЗ - привід закріплення заготовки;

PM - робот-маніпулятор.

## **5. Вибір інсталяційного пристосування і завантажувально-розвантажувального пристрою.**

Настановних пристосування для верстата-автомата повинно забезпечувати базування заготовки, сприйняття сил різання і ваги заготовки, автоматичне закріплення і розкріплення заготовки.

Базовими поверхнями деталей типу зірочка є: внутрішня поверхню посадкового отвору і тоцева поверхню маточини або обода. При цьому високі вимоги по точності базування пред'являються тільки до базування в радіальному напрямку і до торцевого биття заготовки на шпинделі верстата. Крім базування заготовки на верстаті, установче пристосування повинно забезпечувати передачу крутного моменту на заготовку і сприйняття радіального навантаження.

З огляду на перелічені вимоги, вибираємо в якості установчого пристосування разжимной цанговий патрон зі змінними цангами, оснащений електроприводом зажим-разжима цанги.

У качестве завантажувально-розвантажувального пристрою вибираємо робот маніпулятор з позиційною системою управління, оскільки виріб має складну конфігурацію і вимагає точного орієнтування в просторі перед установкою на цанговий патрон.

## **6. Вибір і обґрунтування типу двигунів і датчиків.**

Двигун М1 приводу головного руху різання – асинхронний нерегульований. Оскільки регулювання частоти обертання фрези здійснюється рідко в умовах великосерійного виробництва, то його доцільно здійснити за допомогою гітари змінних зубчастих коліс.

Привід подачі М2, а також привід обкатки і ділення М3 повинні забезпечувати точне позиціонування при незначних швидкостях і порівняно малих силах різання, тому для цих приводів доцільно вибрати силові крокові двигуни.

Датчик Д1 повинен фіксувати вихід фрезерної бабки в вихідну точку з високою точністю і мати високу надійність, тому в якості Д1 вибираємо індуктивний безконтактний дискретний датчик.

Датчик Д2 повинен фіксувати тільки наявність заготовки і також мати високу надійність, тому для Д2 оптимальним варіантом також буде індуктивний безконтактний дискретний датчик.

## 7. Розробка алгоритму роботи системи управління.

*Наведемо алгоритм роботи верстата в словесній формі:*

- 1) Ввімкнення верстата.
- 2) Витримка періоду часу, відповідного настановної швидкості переміщення приводу подачі фрезерної бабки M2.
- 3) Крок приводу подачі фрезерної бабки M2 в напрямку датчика Д1.
- 4) Перевірка стану датчика Д1: якщо він не спрацював - повернення до пункту 2; якщо спрацював - перехід до пункту 5.
- 5) Присвоєння координаті фрезерної бабки вихідного значення  $x := x_0$
- 6) Введення установок нарізається зірочки і режимів різання з панелі оператора.
- 7) Передача команди роботу на завантаження заготовки
- 8) Відстеження сигналу від робота: якщо робот зайнятий - повернення на пункт 8; якщо робот завершив завантаження – перейти на пункт 9
- 9) Перевірка наявності заготовки (датчик Д2): якщо заготовка відсутня - видача повідомлення про помилку і останов програми; якщо заготовка встановлена - перехід на пункт 10.
- 10) Включення приводу головного руху M1
- 11) Обчислення збільшення кута повороту заготовки, відповідно кроку приводу M2:  $\Delta\varphi = \frac{(2 \cdot dx)}{d_B}$ , де  $d_x$  - крок приводу подачі фрезерної бабки;  $d_B$  - дільний діаметр зірочки, що нарізається.
- 12) Обнулення лічильника зубів:  $n := 0$ .
- 13) Обнулення дійсного кутового положення заготовки  $\varphi_d := 0$ .
- 14) Завдання напрямлення інтерполяції «вперед»:  $i := +1$
- 15) Витримка періоду часу, відповідного заданої швидкості подачі фрезерної бабки.
- 16) Крок приводу подачі M2 в напрямку від датчика Д1  $x := x + 1 \cdot i$ , де  $i$  - одиниця зі знаком, що задає напрямок руху.
- 17) Обчислення розрахункового кута повороту заготовки:  
$$\varphi_p = \Delta\varphi \cdot x \cdot i + n \cdot \frac{2\pi}{z}$$
, де  $Z$  - число зубів зірочки, що нарізається.
- 18) Обчислення накопиченої помилки кута повороту заготовки  
$$\varphi_{ош} = |\varphi_p - \varphi_d|$$
- 19) Якщо накопичена помилка перевищує половину кутового кроку приводу обертання заготовки  $\varphi_{ош} > d\varphi/2$  - виконати поворот заготовки на

один  $\varphi_{\delta} := \varphi_{\delta} + d\varphi \cdot i$ , де  $d\varphi$  - величина одного кроку приводу повороту заготовки; інакше - пропустити цей пункт.

20) Порівняти  $\chi$  зі значенням кінцевої координати переміщення: якщо поточна координата фрезерної бабки менше кінцевої - повернення на пункт

15; інакше - перехід на пункт 21.

21) Збільшити лічильник зубів на  $1n := n + 1$ .

22) Порівняти  $n$  і  $z$ : якщо  $n \geq z$  то перехід на пункт 25; інакше перехід на пункт 23

23) Провернути заготовку на кутовий крок зубів (відпрацювати  $\frac{2\pi}{z \cdot d\varphi}$  кроків двигуна МЗ в позитивну сторону)  $\varphi_{\delta} = \varphi_{\delta} + \frac{2\pi}{z \cdot d\varphi}$

24) Змінити напрямок інтерполяції:  $i := i \cdot (-1)$  і перейти на пункт 15.

25) Зупинити привід обертання фрези.

26) Передати роботу команду для вивантаження готового виробу і завантаження наступної заготовки.

27) Перейти на пункт 8.

## ЗАВДАННЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

1. Верстат для засвердлення торців заклепок з автоматичним завантаженням і розвантаженням виробів.
2. Верстат для обробки торців і центрових отворів в циліндричних заготовках з автоматичним завантаженням і розвантаженням виробів.
3. Токарний мехатронний автомат для виготовлення гайок із шестигранного прокату з автоматичною подачою прутків.
4. Токарний мехатронний автомат для виготовлення болтів із шестигранного прокату з автоматичною подачою прутків.
5. Токарний мехатронний автомат для виготовлення плоских шайб із круглого прокату з автоматичною подачою прутків.
6. Токарний мехатронний автомат для виготовлення зовнішніх кілець кулькового радіального підшипника із труби з автоматичною подачою труби.
7. Токарний мехатронний автомат для виготовлення внутрішніх кілець кулькового радіального підшипника із труби з автоматичною подачою труби.
8. Токарний мехатронний автомат для виготовлення кілець кулькового упорного підшипника із труби з автоматичною подачою труби.
9. Заточний автомат для гострення дискових пил з різною кількістю зубів з автоматичною компенсацією зносу круга.
10. Свердлильний автомат для обробки стружковивідних отворів у плашках з можливістю обирання кількості отворів і з автоматичним завантаженням і розвантаженням виробів.
11. Автомат для складання приводних роликів ланцюгів.
12. Автомат для фрезерування стружковивідних канавок на кінцевих фрезах зі змінним кроком зубів
13. Заточний автомат для гострення сверл по гвинтовій поверхні з автоматичним завантаженням і розвантаженням сверл.
14. Автомат для шліфування опорної поверхні квадратних пластин з твердого сплаву з автоматичним завантаженням і розвантаженням пластин.
15. Автомат для фрезерування шліців на корончатих гайках з автоматичним завантаженням і розвантаженням виробів.
16. Токарний автомат для виготовлення розрізних кілець для поршнів автомобільних двигунів із трубної заготовки з автоматичною подачою труби.

17. Автомат для зенкерування і розвертування отворів в шатунах малих бензинових двигунів з автоматичним завантаженням і розвантаженням виробів.
18. Зуборізний напівавтомат для обробки циліндричних колес черв'ячними модульними фрезами.
19. Зуборізний напівавтомат для обробки зубів храпових колес.
20. Автомат для обробки пазів і викружок на колесах мальтійських механізмів.
21. Автомат для навивання циліндричних пружин.
22. Токарний мехатронний автомат для виготовлення роликів сферичного двохрядного роликотидшипника із круглого прокату з автоматичною подачою прутка.
23. Токарний мехатронний автомат для виготовлення внутрішніх втулок приводних роликів ланцюгів із круглого прокату з автоматичною подачою прутка.
24. Токарний мехатронний автомат для виготовлення трубних муфт з внутрішньою різьбою із трубної заготовки з автоматичною подачою труби.
25. Шліфувальний напівавтомат для чистового затилування дискових фасонних фрез



## ЛИТЕРАТУРА

1. **Токхайм Р.** Микропроцессоры.: Курс и упражнения. Под ред. В.Н.Грасевича – М.:Энергомашиздат 1988-336с.
2. **Евстифеев А.В.** Микроконтроллеры AVR семейств Tiny и Mega фирмы "ATMEL" .-2004 .-558 .-63.30
3. **Бродин В.Б., Шагурин М.И.** Микроконтроллеры. Архитектура, программирование, интерфейс:Справочник .-М.:ЭКОМ,1999 .-400
4. **Виглеб Г.** Датчики: Устройство и применение/Перевод с нем. М.А.Хацернова .-М.:Мир,1989 .-196
5. **Поливанов В.А., Волкова Н.А.** Электронные и электро-механические датчики Balluff для систем автоматизации//Мир техники и технологий.-2005.-9 .-48-51
6. **Москаленко В.В.** Электрический привод: Учебное пособие .- М.:Мастерство, 2001 .-368
7. **Гумен В.Ф., Калининская Т.В.**Следящий шаговый электропривод .- Л.:Энергия,1980 .-168
8. **Егоров В.Ф. , Егоров С.В.** Электропривод металлургических машин и агрегатов:Учебное пособие .-Новокузнецк,2002 .-336
9. **Сосонкин В.П.** Микропроцессорные системы ЧПУ. М.:Машиностроение 1985.-288с.
- 10.**Ратмиров В.А.** Управление станками гибких производственных систем – М.:Машиностроение 1986.

*Навчальне видання*

## **МЕХАТРОНІКА**

### **Методичні вказівки**

**до виконання курсового проекту**

**(для студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»)**

Укладач:           МЕЛЬНИК Максим Сергійович  
                          КОВАЛЕНКО Антон Валентинович

**За авторською редакцією**

**Комп'ютерне верстання   О. П. Ордіна**

**10/2018. Формат 60 x 84/16. Ум. друк. арк.   .**

**Обл.-вид. арк.   . Тираж   пр. Зам. №**

**Видавець і виготівник**

**Донбаська державна машинобудівна академія**

**84313, м. Краматорськ, вул. Академічна, 72.**

**Свідоцтво суб'єкта видавничої справи**

**ДК №1633 від 24.12.2003**